NUMERO MONOGRAFICO

INVESTIGACION y CIENCIA

NOVIEMBRE 2005
6,00 EUROS

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

¿Hacia dónde va la humanidad?

TRANSICIONES DEMOGRAFICAS • AGRICULTURA DEL TERCER MUNDO

SOLUCIONES ENERGETICAS • ECONOMIA GLOBAL

CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD • RETOS PARA LA SALUD PUBLICA



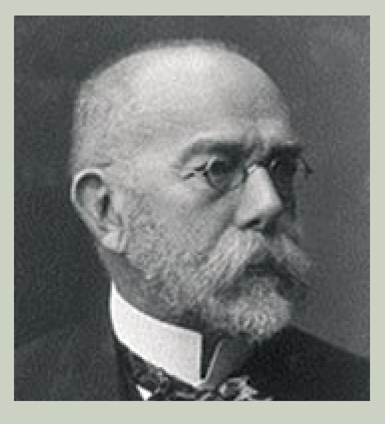


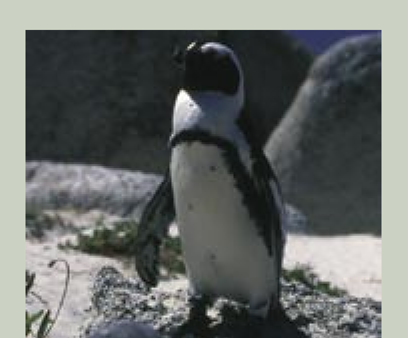
Edición española de
SCIENTIFIC AMERICAN

Noviembre de 2005

Número 350

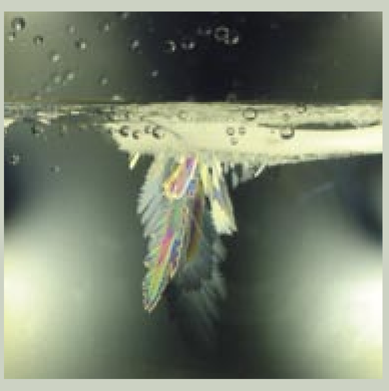


















EDITA Prensa Científica, S.A. Muntaner, 339 pral. 1.ª
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344 Telefax 934 145 413
www.investigacionyciencia.es

DISTRIBUCION

para España:

LOGISTA, S. A.
Pol. Ind. Polvoranca
Trigo, 39, Edif. 2
28914 Leganés (Madrid)
Teléfono 914 819 800

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª
08021 Barcelona

PUBLICIDAD

Madrid:
MOSAICO COMUNICACION, S. L.
Santiago Villanueva Navarro
Tel. y fax 918 151 624
Móvil 661 472 250
mosaicocomunicacion@yahoo.es

Cataluña:
QUERALTO COMUNICACION
Julián Queraltó
Sant Antoni M.ª Claret, 281 4.º 3.ª
08041 Barcelona
Tel. y fax 933 524 532
Móvil 629 555 703

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

Luis Bou: *El culmen de la humanidad*, *Tendencias demográficas* y *Logone-Birni y los poblados Ba-ila*; Joandomènec Ros: *Conservación de la biodiversidad*; Felipe Cortés: *Agricultura del Tercer Mundo*; José M.ª Valderas Martínez: *Nuevos retos para la salud pública*; J. Vilardell: *Mercados para la conservación de la naturaleza, Más riqueza con menos carbono, Hace..., Apuntes e Ideas aplicadas*; Ramón Muñoz Tapia: *Taller y laboratorio*



Portada: *Scientific American*

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Muntaner, 339 pral. 1.ª
08021 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344
Fax 934 145 413

Precios de suscripción:

	Un año	Dos años
España	65,00 euro	120,00 euro
Resto del mundo	90,00 euro	170,00 euro

Ejemplares sueltos:

El precio de los ejemplares atrasados es el mismo que el de los actuales.



ISSN 0210136X Dep. legal: B. 38.999 – 76

Imprime Rotocayfo-Quebecor, S.A. Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España



HACE

...cincuenta años

LA TEORÍA DEL HUNDIMIENTO. «El tamaño y la forma de las fosas submarinas del Pacífico nos provocan sensación de asombro. ¿Qué fuerzas implacables pudieron causar tan enormes deformaciones del lecho marino? ¿Significa algo el hecho de que se hallen a lo largo del anillo de fuego del Pacífico, la zona de volcanes activos que rodea la vastedad de ese océano? Especulando a partir de lo que sabemos, podemos imaginar que unas fuerzas originadas en las entrañas de la Tierra causan el hundimiento del fondo marino, formando una fosa en forma de V. La profundidad se estabiliza en unos diez u once mil metros, pero puede que material de la corteza, sedimentos incluidos, siga siendo arrastrado hacia el interior de la Tierra. Así lo sugiere el hecho de que las fosas más profundas no contengan prácticamente sedimentos, aunque por naturaleza deberían ser asiento de ellos.»

...cien años

ENERGÍA EÓLICA. «Durante varios años, el gobierno danés ha estado experimentando con molinos de viento para averiguar que cuantía de energía eléctrica generan. En este país se han llevado a cabo ensayos similares y, aunque los casos no son muchos, los datos facilitados auguran un buen futuro para este tipo de fuerza motriz. Ello es cierto sobre todo en las regiones agrícolas del Oeste, donde se construyeron innumerables molinos de viento con fines de riego en el transcurso de los últimos diez años.»

LOS CARIBES. «Los indios tienen tal miedo a los venezolanos y su gobierno que con frecuencia prefieren seguir las más pequeñas vías fluviales de la región de la Guayana o viajar por tierra, a través de la selva virgen, que emplear el ancho curso del río Orinoco, aunque sea éste legítima herencia de sus antepasados. Esta desaparición de los indios ha dificultado grandemente la recolección de caucho, haba tonca y otros productos naturales. Como la inmigración no se fomenta y las incesantes revoluciones han causado la muerte o la dispersión de los colonos de ascendencia europea o mestiza, parece que el país está degenerándose sin que nada lo impida.»



Indios caribes del Bajo Orinoco, Venezuela, 1905.

TORPEDO FALLADO. «El torpedo Whitehead ha ejercido sobre la construcción y la táctica navales una influencia acaso mucho mayor que cualquier otro ingenio de la guerra naval. Sin embargo, no puede negarse que el torpedo se ha sobreestimado. La experiencia de la última guerra parece demostrar que sólo bajo condiciones excepcionales y muy favorables un torpedo da en el blanco. En las flotas parece haber tenido muy poca influencia, si la tuvo, sobre las formaciones de combate. Por tanto, creemos improbable que en los futuros buques de guerra se instalen tubos lanzatorpedos.»

...ciento cincuenta años

FIEBRE AMARILLA. «En una reunión reciente de la Academia de Medicina de Nueva York, el doctor Stowe, distinguido cirujano de Nueva Orleans, ofreció una valiosa información acerca de la fiebre amarilla. En su opinión, es la misma en todas partes, sin que la modifique la topografía o el clima. Se ha intentado en numerosas ocasiones, mediante el análisis estadístico, descubrir su causa, pero, lo mismo que el cólera, escapa a la observación. La calidez del clima parece esencial. No así la humedad. En ciertas épocas del año, sobre Nueva Orleans caen chaparrones a diario, pero la enfermedad no brota. Este año fue muy seco; la caña de azúcar se perdió por falta de humedad y el polvo era ya asfixiante cuando la enfermedad hizo su aparición.»

EL ÉXITO DE TALBOT. «Fotografía es el nombre genérico que ahora se da a la pintura solar sobre papel y vidrio, para diferenciarla del daguerrotipo, en el que se emplean placas metálicas. Su inventor es Fox Talbot, de Inglaterra, quien ha registrado la patente en América y Gran Bretaña, pero la ha puesto luego a disposición pública. Parece que el destino de la fotografía es remplazar al arte de Daguerre. En Francia, la espléndida exhibición de fotografías de la Gran Exposición y el limitado número de imágenes sobre placas metálicas ofrecen la prueba concluyente de que, entre los artistas franceses, el daguerrotipo se está tornando obsoleto.»

APUNTES

INGENIERIA

La defensa contra el próximo Katrina

Se sabe desde hace al menos cincuenta años que los humedales impiden que el oleaje de las tormentas rompa tierra adentro. Sin embargo, el Cuerpo de Ingenieros del ejército de EE.UU. canalizó durante un siglo con diques el río Mississippi hasta la desembocadura para contener sus crecidas anuales. Se salvaba así Nueva Orleans, pero se privaba a los humedales del sur y del este de la ciudad de los sedimentos, nutrientes y agua dulce necesarios para su desarrollo. Además, los diques cierran el paso al flujo de sedimentos que forman las islas de barrera que cercan el delta. En 1998 se propuso un plan maestro, Costa 2050, de 14.000 millones de dólares, que el Congreso nunca dotó. Exponía estrategias para recuperar el delta y controlar las inundaciones. Al cabo de siete años y un huracán terrible, los humedales y las islas de barrera están tan destrozados, que quizá ya no basten las técnicas de recuperación tradicionales. Las medidas de Costa 2050 suponen unas complicaciones importantes. Se necesitarían unos superdiques, como los que se están levantando en Osaka (Japón), que invadirían vías urbanas y terrenos privados. O bien, cabría conectar las islas de barrera y los pantanos exteriores con grandes diques, presas y esclusas que creasen un cerco alrededor del delta. En 1953, después de que una enorme crecida irrumpiera en los Países Bajos y matase a 2000 personas, el gobierno holandés acordó construir un sistema de ese tipo, que hoy protege 650 kilómetros de costa. Su construcción habría costado hoy quizá más de 13.000 millones de euros. Una muralla frontal en las aguas del Golfo podría condenar a muerte a los humedales que se encuentran a su espalda, pues alteraría el régimen mareal de mezcla de aguas dulces y saladas. Durante los primeros decenios de la muralla holandesa se perdieron tierras pantanosas. Para impedirlo, en vez de levantar presas macizas se erigió una larga serie de enormes compuertas que permanecen abiertas todo el año y dejan entrar al mar. Sólo se cierran cuando se acerca una tormenta. Ha cesado la pérdida de humedales. Las obras de contención de crecidas que se llevan a cabo en Venecia podrían también inspirar las futuras obras del Mississippi. Se construirán unas compuertas móviles en la laguna que reposarán en el suelo marino en condiciones normales y se elevarán durante las mareas más altas. Aun cuando una versión en Mississippi de los diques holandeses protegiese los humedales de Nueva Orleans, quedarían por ejecutar proyectos del tipo de Costa 2050 para anular el deterioro presente. La región pierde al año unos 65 kilómetros cuadrados. Y el Katrina puede haber acelerado esa destrucción. Aunque las investigaciones acaban de empezar, Katrina quizás haya impulsado el agua salada más hacia el interior de los manglares. Es probable que la sal se haya enquistado en el suelo y esté acabando con extensas praderas submarinas.

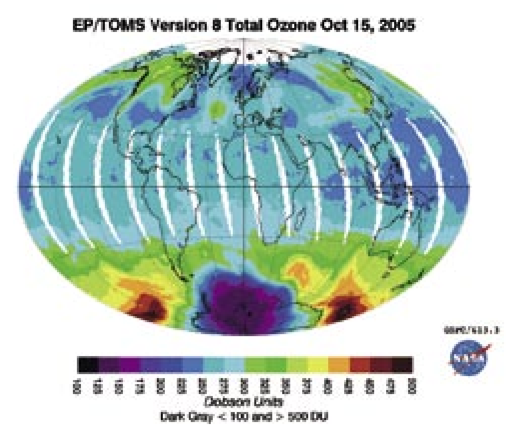
—Mark Fischetti

En diciembre de 2001 publicamos un artículo de Mark Fischetti, muy citado tras el paso de Katrina, sobre el peligro que corría Nueva Orleans de quedar inundada por un huracán. Fischetti considera ahora qué podría hacerse.

CIENCIA ATMOSFERICA

La restauración del ozono

La capa de ozono se está regenerando. La destrucción del ozono atmosférico que impide que lleguen a la superficie cantidades perjudiciales de rayos ultravioleta se descubrió hace veinticinco años. Se debe sobre todo a la contaminación industrial, en especial la de halocarburos. El nivel de ozono se estabilizó entre 1996 y 2002. La capa ha crecido un poco en partes del hemisferio norte que abarcan la mayor parte de Norteamérica, Europa y Asia. No obstante, persiste la deficiencia en los polos, ya que las sustancias que causan su destrucción perduran en la atmósfera durante decenios.
—Charles Q. Choi



El mapa del ozono atmosférico del 15 de octubre de 2005. Imaginemos que el ozono contenido en la columna de aire sobre una zona de la superficie terrestre se comprime en una capa, a 25 grados y una atmósfera de presión, extendida sobre esa zona. Cien Dobson equivalen a un espesor de 1 mm de la capa.

VINCENT LAFORET *AP Phoo/Pool (arriba)*; GSFC/NASA *(abajo)*

FARMACIA

Contra el sueño

Se suministró una sustancia química, de nombre CX717, a once monos rhesus a los que se había mantenido despiertos de 30 a 36 horas. Tras recibir ese compuesto, los monos ejecutaron con normalidad una prueba mnémica: escoger una imagen que coincidiese con la que habían visto treinta segundos antes. Los barridos cerebrales mostraron que la molécula devolvía la actividad cerebral al estado de vigilia. La sustancia, además, mejoraba en un quince por ciento el rendimiento de los monos no sometidos a la condición de insomnio. Cortex Pharmaceuticals, fabricante de la droga, ha informado también de una mejora del rendimiento de 16 voluntarios humanos privados de sueño, pero no se ha publicado todavía un artículo formal acerca de esta última investigación.

—J.R. Minkel



CX717: parece que esta sustancia elimina la merma intelectual ligada a la privación del sueño.

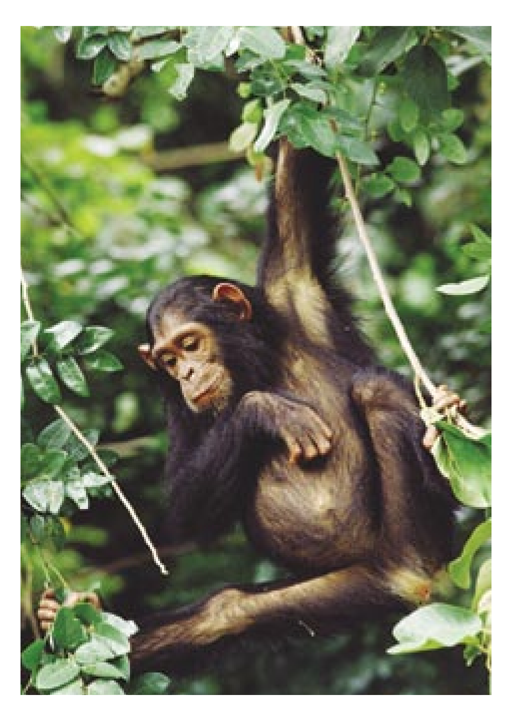
PALEONTOLOGIA

Primero a cuatro patas, luego a dos, pero nunca a tres

Se descubrieron en Sudáfrica varios fósiles de embriones de dinosaurio de hará 190 millones de años. Fue en 1978; sin embargo, no se los había analizado hasta ahora. Se han asignado esos restos al prosaurópodo *Masssoponylus*, bípedo vegetariano de cinco metros de longitud, largo cuello y cabeza corta. Los embriones sólo miden 15 centímetros, con extremidades anteriores y cabeza grandes, cuello horizontal y cola corta, en comparación con los adultos. Esta desmañada figura da a entender que nacían cuadrúpedos y sólo después se convertían en bípedos, transformación poco corriente. Los saurópodos posteriores fueron cuadrúpedos; parece que conservaron su configuración juvenil. De los fósiles se desprende que los adultos cuidaban de sus crías: éstas carecían de dientes. Correspondía a los progenitores proporcionarles comida.

—J.R. Minkel

Este fósil de embrión de prosaurópodo indica que debían de ser cuadrúpedos al nacer, aunque de adultos se volvían bípedos.



Las diferencias entre los genomas de humanos y chimpancés son mayores de lo que se creía.

GENETICA

Distancia relativa

Según el borrador del genoma del chimpancé publicado por *Nature* en septiembre, los chimpancés y los seres humanos difieren, desde el punto de vista genético, mucho más de cuanto se suponía. El genoma del hombre y el del chimpancé discrepan en un 1,2 por ciento si lo que se mide son cambios sueltos de nucleótidos. Ahora bien, las duplicaciones y reordenaciones en segmentos extensos de ADN añaden otro 2,7 por ciento de diferencia. Siete regiones del genoma humano que divergen de las homólogas en el chimpance exhiben claros indicios de selección natural; por ejemplo, una contiene elementos que regulan un gen que participa en el desarrollo del sistema nervioso y otra contiene genes ligados al habla. En *Science* se ha publicado el descubrimiento de la primera proteína exclusivamente humana que se enlaza a los azúcares de superficie y se expresa en la microglía. Estas células inmunitarias participan en patologías desconocidas en los chimpancés, como el Alzheimer, la esclerosis múltiple y la demencia asociada al VIH.

—Charles Q. Choi

THOMAS HOEPKER *Magnum Photos* (arriba); ROBERT REISZ *Universidad de Toronto en Mississauga* (centro); GERRY ELLIS *Minden Pictures* (abajo)

EL CULMEN DE LA HUMANIDAD

GEORGE MUSSER

Estamos en un momento excepcional de la historia de la humanidad, tanto demográfica como económicamente. Según se gestionen los próximos decenios, llegaremos a un desarrollo viable o nos hundiremos

El siglo XXI resulta decepcionante. Se nos habían prometido coches voladores, colonias espaciales y una semana laboral de 15 horas. Se daba por hecho que nuestras tareas cotidianas estarían a cargo de robots, salvo cuando se hallaron tramando una rebelión; los niños sabrían de la existencia de las enfermedades por los libros de historia y en las grandes superficies se podrían adquirir reactores nucleares de fusión portátiles. Incluso en las visiones distópicas del futuro se pronosticaban avances técnicos y de organización social luminosos.

Pero si miramos más allá de las lucecitas que parpadean y del zumbido de los artilugios, veremos que el nuevo siglo se está caracterizando por ser uno de los períodos más sorprendentes de la historia. Tres grandes transiciones, puestas en marcha por la Revolución Industrial, están llegando a su culminación. Tras dos o tres siglos de crecimiento más que exponencial, la población del mundo se está estabilizando. A juzgar por las tendencias actuales, alcanzará una meseta hacia mediados de siglo, con unos 9000 millones de habitantes. Al mismo tiempo, está disminuyendo, tanto en porcentaje como en valor absoluto, la fracción de población que padece pobreza extrema. Si China e India prosiguen por la senda económica que tomaron Japón y Corea del Sur, el chino medio, hacia 2050, será tan rico como lo es hoy el suizo medio; el indio medio, tanto como un israelí actual. Sin embargo, al crecer la humanidad en número y en riqueza, presiona cada vez con mayor fuerza contra los límites del planeta. Estamos ya arrojando a la atmósfera dióxido de carbono a una velocidad tres veces mayor de lo que los mares y las tierras son capaces de absorber; los climatólogos creen que a mediados de siglo será cuando el calentamiento global empiece de verdad a mostrarse en toda su crudeza. Y al paso que van las cosas, los bosques y las pesquerías mundiales quedarán agotadas aún antes.

Estas tres transiciones, concurrentes e imbricadas —la demográfica, la económica y la ambiental—, será lo que destaquen los historiadores futuros cuando vuelvan la mirada hacia nuestra era. Son transiciones que están transformándolo todo, desde la geopolítica hasta la estructura de las familias. Y plantean problemas a una escala de la que tenemos muy poca experiencia. Con palabras de E. O. Wilson, biólogo de la Universidad de Harvard, estamos a punto de atascarnos en un "estrangulamiento", es decir, en un período de máxima exigencia sobre los recursos naturales y el ingenio de los humanos.

Estas tendencias se nos muestran evidentes en la vida cotidiana. Muchos hemos tenido la experiencia de perdernos en nuestra ciudad natal: tanto ha crecido. Pero el crecimiento se va decelerando al reducirse la dimensión de las familias. Cada vez son más los niños que no tienen hermanos, ni tíos ni primos. Las estanterías de los bazares están llenas de productos chinos; en los países de habla inglesa, los servicios de atención telefónica al cliente están atendidos por indios; a su vez, cada vez son más los asiáticos que compran productos occidentales. A causa del calentamiento global, la floración primaveral tiene lugar una semana antes que hace 50 años; los res-

TRES SON LAS GRANDES TENDENCIAS HISTORICAS que definen nuestro presente. Comprendiéndolas, podremos disponer de un armazón conceptual para abordar los problemas del mundo y no quedar paralizados ante ellos.

MAX ROSSI *Reuters/Corbis (multitud con pancarta)*; JOERG KOCH *AFP/Getty Images (rascacielos)*; SCOTT NELSON *Getty Images (chimeneas)*; STEPHEN FERRY *Liaison/Getty Images (talador)*; JEFF ZELEVANSKY *Reuters/Corbis (centro comercial)*; CHRISTIAN SIMONPIETRI *Corbis Sygma (grupo)*



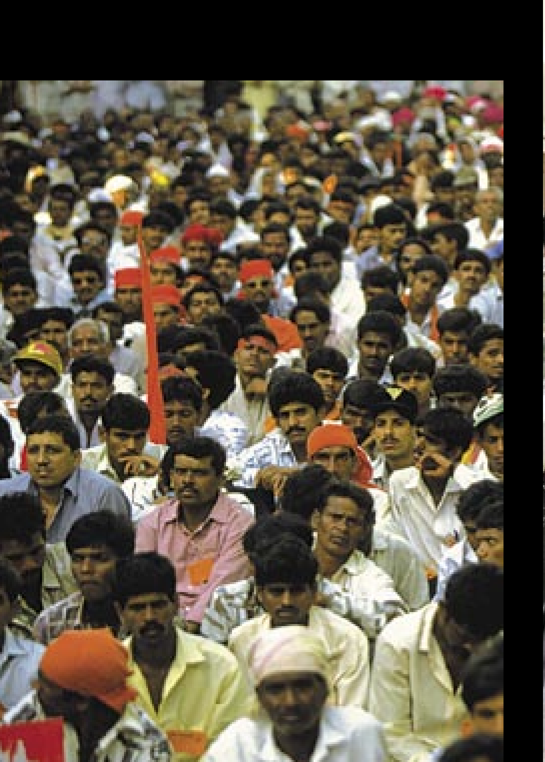




SOMOS MAS RICOS...

LA HUMANIDAD
HA CRECIDO...

Y HA TRANSFORMADO
EL PLANETA







taurantes están sirviendo pescados de especies distintas de las que solían, porque éstas han sido esquilmadas.

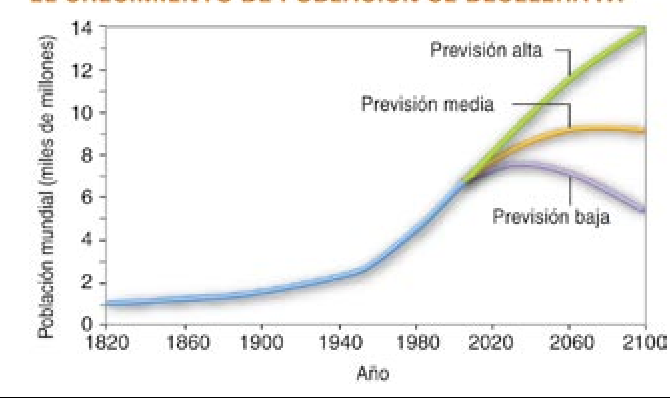
El examen de la era actual en un contexto histórico contribuye a situar en perspectiva la miríada de problemas del mundo. Muchos de estos problemas emanan, directa o indirectamente, del crecimiento; cuando éste se agote, la humanidad tendrá la oportunidad de cerrar los libros dedicados a ellos. Un estrechamiento puede resultar penoso, pero una vez que nos hayamos deslizado a su través, lo peor habrá quedado atrás.

Las transiciones que estamos experimentando determinan el alcance de los problemas. Es posible estimar, al menos aproximadamente, cuántos serán los moradores de la Tierra, lo que van a necesitar y a querer, cuáles son los recursos disponibles, y cuándo va a ocurrir cada proceso o fenómeno. La humanidad, en la segunda mitad de nuestro siglo, podría alcanzar un equilibrio en el cual el crecimiento económico, que hoy está guiado por la combinación de una productividad mayor, un mayor número de personas y un mayor consumo de recursos, derivase enteramente de la productividad, lo que limaría las aristas de muchos de los conflictos que enconan las relaciones entre la economía y el ambiente. Los problemas antiguos habrán de ceder el paso a otros nuevos. Este proceso se percibe ya en los países donde las transiciones están más avanzadas. El debate sobre la Seguridad Social en los EE.UU., al igual que los temores que suscita el sistema de pensiones en Europa y en Japón, expresa una sociedad que ya está pensando en vivir tras el crecimiento.

La demografía presenta, ante la opinión pública, tantas luces como sombras. ¿Acaso no era el exceso de población el tema central de hace treinta años?

Los demógrafos ortodoxos no han estado, ni mucho menos, dando los bandazos entre posturas extremas. El número de miembros de las familias del mundo en desarrollo ha disminuido más rápidamente de lo esperado; aun así, las previsiones expuestas en el número especial

TRES TRANSICIONES CAMBIAN EL MUNDO



JEN CHRISTIANSEN; FUENTES: ANGUS MADDISON *Universidad de Groningen* (*población histórica y PIB*); DIVISION DE POBLACION DE LA ONU (*previsiones demográficas*); PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMATICO (*previsiones económicas, casos A1 AIM y A2 ASF, escala cambiada; previsión de emisiones, casos A2 ASF y B1*); FRANÇOIS BOURGUIGNON *Escuela de Estudios Superiores de Ciencias Sociales* Y CHRISTIAN MORRISSON *Universidad de París-I* (*pobreza histórica*); BANCO MUNDIAL, INDICADOR DEL DESARROLLO MUNDIAL, 2005 (*pobreza de 2001*); PROYECTO MILENIO DE LA ONU (*previsión de pobreza*); G. MARLAND, T. A. BODEN Y R. J. ANDRES *Laboratorio Nacional Oak Ridge* (*emisiones históricas*); DREW SHINDELL NASA *Instituto de Estudios Espaciales Goddard de la* NASA (*nivel de emisiones sostenible*)

UN PLAN DE ACTUACION PARA EL SIGLO XXI

1. **Conocer los cambios**. Este primer paso, que parece evidente, es dejado de lado no pocas veces. Tal vez cueste ir más allá de los titulares de los diarios y tratar de comprender las tendencias fundamentales que estamos viviendo. El demógrafo Joel E. Cohen traza el panorama: una población más numerosa, más urbana y envejecida, que crece más despacio. Los pronósticos detallados son inseguros, pero lo verdaderamente importante son las cuestiones de índole general que plantean.

2. Cumplir las Metas de Desarrollo del Milenio. La Asamblea General de las Naciones Unidas se reunió en septiembre para examinar los éxitos y fracasos en el progreso hacia esas metas cuantificadas de reducción de la pobreza y la desigualdad. El economista Jeffrey D. Sachs, director del Proyecto Milenio de la ONU, propugna un programa de ayuda concertado. Además de promover el bienestar humano, aliviaría problemas ambientales vinculados a la pobreza, como la contaminación atmosférica y la deforestación.

3. Preservar hábitats cruciales. Toda extinción es irreversible, constituye la máxima prioridad evitarlas. No sólo están en peligro especies poco conocidas, sino también especies con valor económico, como el esturión o ciertas variedades cereales silvestres. Los ecólogos Stuart L. Pimm y Clinton Jenkins sostienen que blindar las reservas naturales resultará oneroso, pero proporcionará grandes beneficios. Incluso en términos estrictamente económicos, los países suelen ganar más cuando respetan bosques antiguos que cuando los convierten en tierras de labranza o pastos para el ganado.

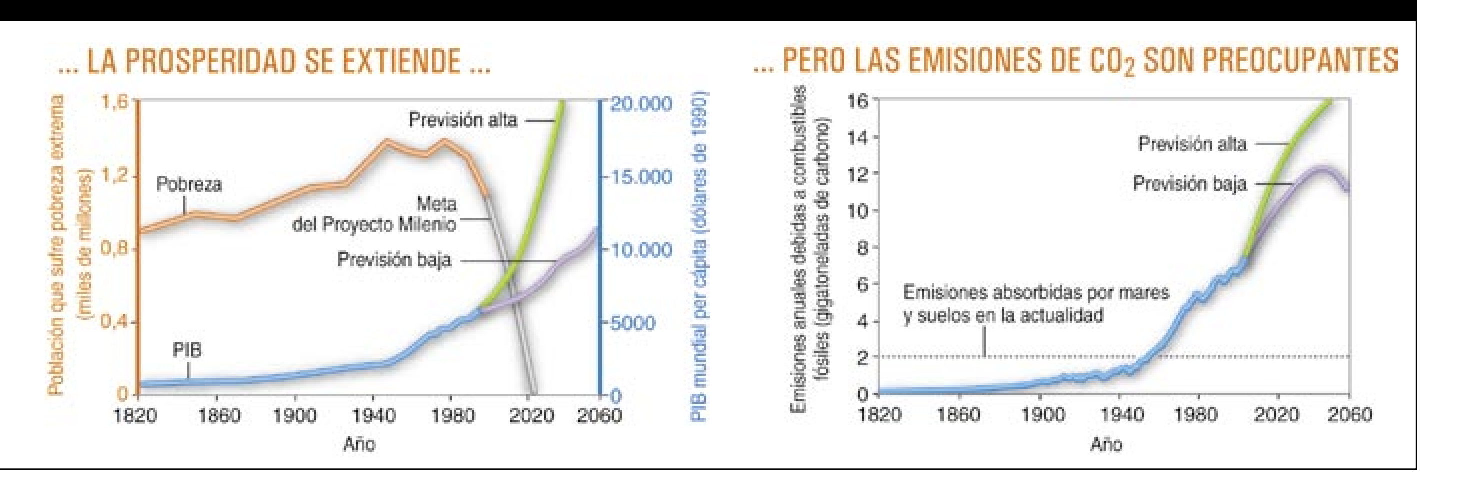
4. Ir prescindiendo de los combustibles fósiles. La atmósfera sólo puede alojar una determinada cantidad de dióxido de carbono antes de que el clima se descontrole. La reducción de emisiones exige amplios cambios en la producción y consumo de energía. Amory B. Lovins, uno de los pensadores más originales en esta materia, sostiene que la tarea no es tan difícil ni costosa como pudiera creerse. Podría llevarse a cabo acelerando la tendencia actual hacia una elevada eficiencia.

5. Facilitar el regadío a bajo precio a los agricultores pobres. ¿Cómo podremos alimentar a todas las nuevas bocas sin esquilmar los suelos, agotar los acuíferos y embalsar hasta el último río? Paul Polak, especialista en desarrollo, sostiene que con técnicas apropiadas a pequeña escala, como las bombas manuales y el riego por goteo, se pueden multiplicar las cosechas, hacer más duraderos los limitados recursos hídricos y encaminar a los agricultores hacia la prosperidad.

6. Reforzar los sistemas sanitarios. Tanto en los países ricos como en los que se encuentran en rápido desarrollo, es el caso de China e India, abundan ahora más quienes sufren dolencias crónicas, como las enfermedades cardíacas o mentales, que infecciones. En los países pobres, siguen dominando la malaria, la tuberculosis y otras enfermedades causadas por gérmenes. Barry R. Bloom, epidemiólogo, afirma que en ambos casos se ha de otorgar máxima prioridad a las actuaciones preventivas, desde la vacunación y los mosquiteros hasta las campañas antitabáquicas.

7. Prepararse para un crecimiento más lento. Las instituciones políticas y financieras tendrán que adaptar y modificar sus instrumentos conforme la economía se aproxima a limitaciones mundiales. El economista Herman A. Daly defiende nuevos modos de recaudación de impuestos, de fijación de tipos de interés, de regulación de la población y de extracción de los recursos materiales. En un comentario anexo, el economista Partha Disgupta se muestra de acuerdo con gran parte de lo que Daly dice, pero sostiene que las economías de los países ricos son mucho más sostenibles de lo que suele creerse.

8. Establecer las prioridades con más racionalidad. Economistas y ecólogos han estado trabajando en busca de métodos mejores. Si se asignasen precios correctos a los costos y a los beneficios, los mercados podrían funcionar como inmensos sistemas de computación distribuida que ponderasen los pros y los contras. Pero los mercados pueden dar mal resultado en el caso, por ejemplo, de costos concentrados y beneficios difusos.



sobre la población que publicó *Scientific American* en 1974 han resistido en buena medida la prueba del tiempo. La humanidad sigue todavía creciendo enormemente en términos absolutos, y los éxitos del pasado en eludir las pesadillas malthusianas no son garantía de resultados futuros. El descenso de las tasas de crecimiento es, sin duda, motivo de preocupación: históricamente, las sociedades más estáticas o en contracción han caído en la miseria.

Los partidarios de cada supuesto desdeñan los problemas que plantea el otro, y expresan su "confianza" en que podrán ser gestionados, sin esforzarse para asegurarse de que lo serán. Pero una vez aventadas las nieblas de carácter ideológico, se comienzan a atisbar los perfiles de un plan de actuación. No es, ciertamente, el único camino posible, pero puede servir como tesis inicial para el debate.

Un tema reiterativo de este programa es que la acción empresarial no es necesariamente enemiga de la naturaleza, y viceversa. La economía y el entorno no han recibido hasta ahora una descripción homogénea. Los indicadores económicos más observados, como el Producto Interior Bruto (PIB), no miden el agotamiento de los recursos; constituyen, en esencia, medidas del flujo de rentas más que balances de recursos y obligaciones. Si se tala un bosque y se limpia el terreno, el PIB se incrementa, a pesar de haber sido liquidado un bien que podría ser fuente de ingresos regulares.

Con mayor generalidad, en los precios que pagamos por bienes y servicios rara vez se han tenido en cuenta los costes ambientales que traen consigo. Algún otro se hace cargo de la factura, y por lo normal somos nosotros mismos ese alguien, si bien la pagamos bajo otros conceptos. Se ha estimado que de los impuestos del contribuyente estadounidense medio, unos 2000 dólares anuales se dedican a subvencionar la agricultura, el tráfico rodado, la minería y otras actividades con honda huella en el medio. El mercado, así distorsionado, genera escasos incentivos para que consumidores y productores se esfuercen por lograr una economía más limpia. Los movimientos ecologistas refuerzan, sin percatarse de ello, esta tendencia, al cargar el acento en lo incalculable de los valores naturales, cuya importancia, por grande que sea, resulta difícil de ponderar ante problemas más acuciantes. Los ecologistas culpan a los madereros de la tragedia de los búhos moteados; los madereros hacen responsable del desempleo a unos ornitólogos demasiado consentidos. En realidad, unos y otros son víctimas de una explotación forestal insostenible.

En estos últimos años, economistas y ecólogos han llegado, conjuntamente, a etiquetar y marcar precio a los beneficios de la naturaleza. Este ejercicio, en lugar de prostituir la naturaleza, ha cuantificado nuestra enorme dependencia de ella. *La evaluación de ecosistemas del milenio*, publicada hace algunos meses, identificaba los servicios —desde la polinización hasta la depuración de las aguas— que los seres humanos tendrían que proveer por sí mismos, a un costo inmenso, de no hacerlo la naturaleza. El equipo descubrió que de las 24 grandes categorías de servicios, hay 15 que se están explotando a mayor celeridad de lo que se regeneran.

Cuando se contabiliza debidamente la aportación del ambiente, lo bueno para la naturaleza suele ser bueno también para la economía en su conjunto, e incluso para ramos concretos. El rendimiento económico de las pesquerías se maximiza cuando los bancos se explotan en un grado viable; a partir de cierto punto, se reducen tanto las capturas como los beneficios, al ser más los pescadores y menos los peces. La vida, claro está, no siempre es tan sencilla. La sociedad ha de aceptar, a menudo, perder algo para ganar otra cosa. Pero la verdad es que apenas ha empezado a explorar aquellas opciones en las que todos ganan.

Si se atina con un marco adecuado, la humanidad garantizará su futuro mediante miles de decisiones nada espectaculares: cuántos hijos se tienen, dónde se lleva a pastar el ganado, cómo se aísla térmicamente la casa. Por lo usual, estas decisiones tan prosaicas son las que determinan los cambios más profundos. La riqueza de una comunidad no estriba en los ordenadores o los DVD de que disponga, que hoy se encuentran incluso en las aldeas más humildes. Sí reside, en cambio, en la eficacia de su alcantarillado, en la comodidad de la vivienda, en el sentimiento de seguridad física y económica. Si las ciencias y las técnicas llevan a todos estos beneficios de la modernidad, se habrá logrado algo mucho más impresionante que la construcción de colonias en el espacio.

TENDENCIAS DEMOGRAFICAS

JOEL E. COHEN

Dentro de medio siglo nueve mil millones de personas habitarán la Tierra. La humanidad está experimentando cambios hasta ahora desconocidos en los porcentajes relativos de jóvenes y viejos, ricos y pobres, población urbana y rural

El año 2005 cae en medio de un decenio marcado por tres inversiones de tendencia en la historia de la Humanidad, tres transiciones tan importantes cuan singulares. Antes del año 2000, hubo siempre más jóvenes que viejos; desde 2000, hay más viejos que jóvenes. Hasta 2007, año más, año menos, la población rural será, como siempre, más numerosa que la urbana. Pero a partir de 2007 será al revés. En 2003, el número medio de hijos de cada mujer no superaba ya en el mundo la tasa de reposición. Y así va a seguir siendo.

El intervalo de cien años centrado en 2000 contiene otras tres transiciones más, igualmente importantes y únicas. La primera, que nadie fallecido antes de 1930 asistió a una duplicación de la población humana. Ni es probable, tampoco, que nadie nacido después de 2050 presencie una. En cambio, quienes tienen hoy 45 años o más han visto a la humanidad duplicarse con holgura, pues ha pasado de 3000 millones de individuos en 1960 a 6500 millones en 2005. La tasa de crecimiento vegetativo rondaba el 2,1 por ciento anual entre 1965 y 1970, cifra nunca alcanzada hasta entonces. Jamás creció la población humana con tal velocidad antes del siglo XX, y no es probable que vuelva hacerlo. Nuestros descendientes contemplarán ese máximo, alcanzado a finales de los años sesenta, como el más importante hito de la historia demográfica de la humanidad, aunque lo hayamos vivido sin habernos dado cuenta en su momento.

En segundo lugar, el vertiginoso descenso de la tasa de crecimiento de la población mundial, que ha venido cayendo desde 1970 hasta el 1,1 o 1,2 por ciento anual de nuestros días, se ha debido, sobre todo, a que miles de millones de parejas de todo el mundo han optado por limitar el número de sus hijos. Es probable que la tasa de crecimiento de la población mundial haya sufrido numerosos altibajos en el pasado. Las grandes pestes y guerras del siglo XIV, por ejemplo, no sólo redujeron la tasa de crecimiento, sino también el tamaño absoluto de la población del planeta, cambios ambos en gran medida involuntarios. Jamás, antes del siglo XX, había sido voluntario un descenso de la tasa de crecimiento mundial.

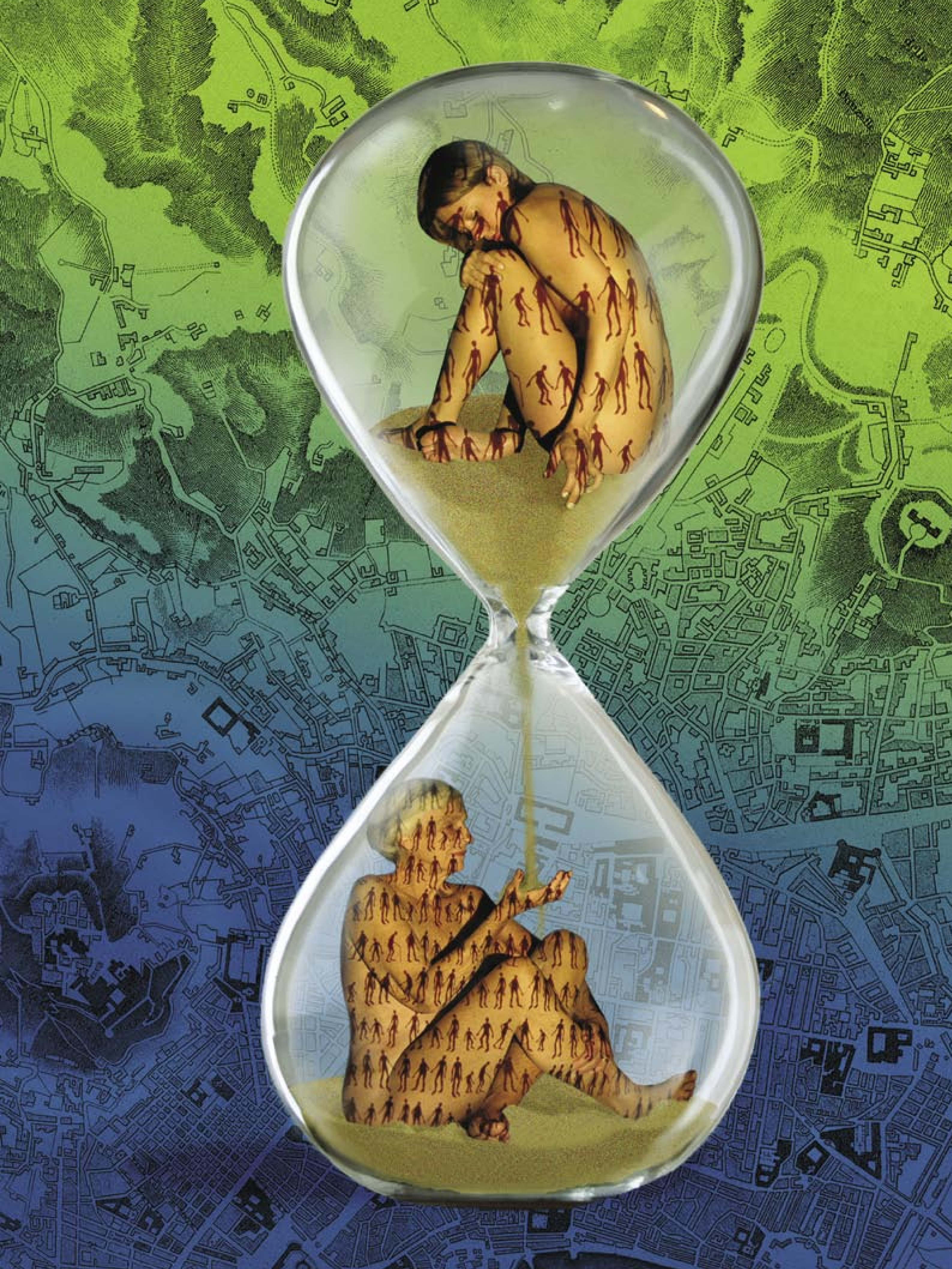
Por último, el medio siglo pasado ha presenciado, y el medio siglo venidero lo hará también, un enorme cambio del saldo demográfico entre las regiones más desarrolladas del mundo y las menos desarrolladas. Mientras que en 1950 la población de las regiones menos desarrolladas duplicaba la de las desarrolladas, en 2050 se superará la relación de seis a uno.

Estos colosales cambios en la composición y la dinámica de la población humana han pasado inadvertidos casi por completo. De vez en cuando, alguno de los síntomas de estos profundos movimientos atrae cierta atención política. Aun así, las propuestas de reforma de la Seguridad Social en EE.UU. dejan a menudo de reconocer el fundamental envejecimiento de la población, y en los debates que suscita en Europa y en EE.UU. la política de inmigración se olvidan con frecuencia las diferencias entre las tasas de crecimiento vegetativo de estas regiones y las de sus vecinos meridionales.

Me centraré en este artículo en las cuatro grandes tendencias subyacentes que se espera que dirijan los cambios en la población humana en el medio siglo venidero, así como en algunas de sus consecuencias a largo plazo. La población será más numerosa, crecerá más lentamente, será más urbana y de mayor

LA HUMANIDAD EN TRANSICION hacia una nueva fase de su vida habrá de hacer frente a nuevos problemas.

JUDITH S. LARSEN



edad que en el siglo XX. Los pronósticos precisos son sumamente inciertos. Por ejemplo, pequeños cambios en las tasas de fertilidad supuestas alteran muchísimo los totales previstos para la población. A pesar de estas objeciones, las previsiones nos señalan algunos de los problemas que habrá de afrontar la humanidad a lo largo de los próximos 50 años.

Crecimiento rápido, pero decelerado

Aunque la tasa de crecimiento de la población lleve disminuyendo más de 30 años, el sistema evoluciona, por así decirlo, a "interés compuesto", y por eso los incrementos absolutos de la población mundial siguen siendo mayores que antes de la Segunda Guerra Mundial. La población no alcanzó los 1000 millones de individuos hasta principios del siglo XIX; ahora, se sumarán 1000 millones más en 13 o 14 años. Los cálculos indican que la población de 2050 alcanzará los 9100 millones, con un margen de error de más y de menos 2000 millones, según sean las tasas de natalidad y de mortalidad futuras. Este aumento previsto de 2600 millones de personas sobre los 6500 que somos en 2005 es superior a la población total del mundo en 1950, que era de 2500 millones.

En pocas palabras: el rápido crecimiento de la población no ha concluido. El número de humanos se incrementa actualmente entre 74 y 76 millones de personas al año, casi dos veces la población española. Pero los aumentos, en su gran mayoría, no se están produciendo en países con nuestro nivel de vida. En los próximos 45 años, la población se va casi a triplicar en Afganistán, Burkina Faso, Burundi, Chad, Congo, República Democrática del Congo, Timor Oriental, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Niger y Uganda. Estos países se cuentan entre los más pobres de la Tierra.

Se espera que casi todo el crecimiento de población de los 45 años venideros se produzca en las regiones que hoy son más pobres. A pesar de que sus tasas de mortalidad son elevadas a todas las edades, las poblaciones de los países pobres crecen mucho más deprisa que las de los países ricos porque sus tasas de natalidad son mucho mayores. En los países pobres, la fertilidad es de 2,9 nacidos por mujer, casi el doble que la tasa media en los países ricos, que es de 1,6.

Casi la mitad del incremento mundial ocurrirá en nueve naciones solamente. Enumeradas en orden de su crecimiento previsto, son éstas: India, Pakistán, Nigeria, República Democrática del Congo, Bangla Desh, Uganda, EE.UU., Etiopía y China. El único país rico que figura en la lista es EE.UU., pero casi un tercio del crecimiento de la población se deberá a la gran inmigración a ese país (*véase el recuadro* "El comodín de la migración").

Por el contrario, 51 países o áreas, casi todas ellas entre las más desarrolladas económicamente, perderán población entre el presente y 2050. Se prevé que Alemania descienda de 83 a 79 millones de habitantes; Italia, de 58 a 51 millones; Japón, de 128 a 112, y lo más impresionante, la Federación Rusa, de 143 a 112 millones. A partir de dicha fecha, la población rusa será un poco menor que la japonesa.

Esta deceleración general en la tasa de crecimiento de la población implica que el siglo XX habrá sido probablemente el último de la historia de la Humanidad en el que los jóvenes hayan sido más que los viejos. La proporción de quienes eran niños de 4 años de edad o menos alcanzó un máximo en 1955, con un 14,5 por ciento, y ha ido en declive hasta el 9,5 por ciento en 2005, mientras que la fracción de personas de 60 años o más aumentó desde el 8,1 por ciento en 1960 hasta un 10,4 por ciento en 2005. En las cercanías del año 2000, cada grupo constituía alrededor del 10 por ciento de la humanidad. A partir de ahora, y en adelante, será mayor el de los mayores de 60 años.

Esta transposición de las proporciones entre jóvenes y ancianos es reflejo tanto de una mayor supervivencia como de un descenso de la fertilidad. La esperanza media de vida ha aumentado desde algo así como 30 años a principios del siglo XX hasta más de 65 al comenzar el siglo XXI. No obstante, la influencia más importante ha sido la reducción de la fertilidad, que aporta ahora números más reducidos a los grupos de menor edad.

El envejecimiento de la población no progresa de modo uniforme en todo el planeta. En las regiones más

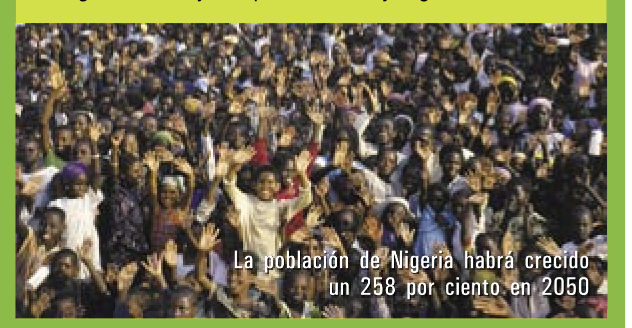
ENCRUCIJADAS PARA LA POBLACION

EL PROBLEMA:

- El rápido crecimiento de la población incrementará el número de personas en casi el 50 por ciento, desde los 6500 millones actuales hasta unos 9100 millones en 2050. Prácticamente la totalidad de este crecimiento tendrá lugar en las ciudades ya existentes, o en otras nuevas, de los países en desarrollo. Durante ese mismo período, muchas de las naciones más ricas perderán población. El descenso en la fertilidad y el incremento de la longevidad en todo el mundo ampliarán la proporción de personas mayores con posibles dependencias.

EL PLAN:

- Confeccionar un pastel más grande, con menos tenedores y mejores modales: intensificar la capacidad productiva humana mediante inversiones en educación, sanidad y técnica. Aumentar el acceso a la salud reproductiva y a los anticonceptivos, para reducir voluntariamente el crecimiento de la población. Mejorar las circunstancias en que tienen lugar las interacciones interpersonales por medio de reformas de las instituciones, las políticas y las prácticas económicas, políticas, sociales y civiles a fin de lograr una mayor equidad social y legal.


La población de Nigeria habrá crecido un 258 por ciento en 2050

FRANS LEMMENS *zefa/Corbis*

POBLACION

Las previsiones sobre la población mundial se fundan en supuestos relativos a las decisiones que las personas tomen.

La previsión media, **9100 millones** de habitantes en 2050, se funda en que va a continuar la tendencia descendente de la fertilidad

Si hubiese medio hijo más por mujer de lo previsto, la población de 2050 sería de **10.600 millones**

En cambio, con medio hijo menos, sería de **7700 millones**

Si las tasas de fertilidad de 2005 se mantuvieran constantes hasta 2050, la población alcanzaría **11.700 millones**



ER PRODUCTIONS *Corbis*

desarrolladas, aproximadamente una de cada tres personas tendrá 60 años o más hacia el año 2050, mientras que en las regiones pobres sólo lo será una de cada cinco. Y en 11 de los países menos desarrollados —Afganistán, Angola, Burundi, Chad, República Democrática del Congo, Guinea Ecuatorial, Guinea-Bissau, Liberia, Mali, Niger y Uganda—, la mitad de la población no habrá cumplido todavía los 23 años.

Si las tendencias recientes continúan hasta 2050 en la forma prevista, prácticamente todo el crecimiento de la población del mundo ocurrirá en las áreas urbanas. De ser así, en los países pobres se tendrá que construir cada semana, durante los próximos 45 años, el equivalente de una ciudad de más de 1 millón de habitantes.

Las previsiones demográficas a largo plazo, hasta 2050 y más allá, son cosa de rutina. En cambio, los modelos económicos no resultan lo bastante perfectos para efectuar pronósticos a largo plazo. Les afectan los cambios impredecibles en las instituciones y en la técnica, así como en qué regiones y sectores económicos predominan. No obstante, casi todos los modelos pronostican que la población mundial será más rica. En los supuestos más optimistas, la relación entre la renta *per cápita* de los países desarrollados y la de los países en desarrollo podría caer desde un valor estimado de 16 a 1 en 1990 hasta uno comprendido entre 6,6 a 1 y 2,8 a 1 en el año 2050. Pero tales ganancias no están aseguradas: otros modelos pronostican el estancamiento en la pobreza.

Unas previsiones que hablan de miles de millones de personas más en los países en desarrollo y de poblaciones envejecidas en el resto, acompañadas de expectativas de crecimiento económico, sobre todo entre los pobres del mundo, hacen temer a ciertos sectores que no puedan sustentarse las poblaciones presentes y futuras.

El sustento humano

A corto plazo, nuestro planeta tiene capacidad para proporcionarle techo y alimento —en cuanto a la mera subsistencia por lo menos— a un 50 por ciento más de las personas que hoy viven en él, porque se están cultivando ya cereales suficientes para alimentar a 10.000 millones de personas con una dieta vegetariana. Pero como señalaba el sociólogo y demógrafo Kinsley Davis en 1991: "En ningún país del mundo se está satisfecho con tener apenas lo justo para comer." La cuestión reside en saber si los miles de millones de personas de 2050 podrán vivir con libertad de elección y prosperidad material —cualesquiera que sean las definiciones de libertad y prosperidad que puedan tener quienes vivan en 2050— y si sus hijos, y los descendientes de sus hijos, podrán seguir viviendo con libertad y prosperidad, cualquiera que sea la definición que se dé a estos conceptos en el futuro. No otro es el problema de la sostenibilidad.

Esta preocupación es tan antigua como los registros históricos. Las tablillas de escritura cuneiforme de 1600 a.C. dejan ver que los babilonios temían que el mundo estuviera ya demasiado lleno. Thomas Malthus, en 1798, dio nuevo aliento a estos temores, y otro tanto hizo Donella Meadows en su libro *Los límites del crecimiento*, de 1972. Mientras unos han temido que la población se torne excesiva, los optimistas han expresado su confianza en que las deidades, o la técnica, velarán por el bienestar de la especie humana.

Las primeras tentativas de calcular la capacidad de la Tierra de sustentar a los humanos supusieron que una condición necesaria para una sociedad humana sostenible se medía en unidades de terreno. Antoni van Leeuwenhoek calculaba en 1679 —la primera estimación cuantitativa de que se tiene noticia— que la superficie poblada de la Tierra era 13.385 veces la de Holanda, y que la población de Holanda era en aquel entonces de alrededor de un millón de habitantes. Suponiendo que "la parte habitada de la Tierra esté tan densamente poblada como Holanda, aunque bien pudiera no estarlo tanto", escribió, "siendo las tierras habitadas 13.385 veces Holanda resulta... que hay 13.385.000.000 seres humanos sobre la Tierra", es decir, un límite superior de unos 13.400 millones.

En esta misma tradición, Mathis Wackernagel, adepto del concepto de "huella ecológica", y sus colaboradores

LA POBLACION MUNDIAL EN TRANSICION

El desigual crecimiento va a desplazar más todavía la distribución de la población desde los países ricos hacia los países pobres. En 2005, los países ricos dan hogar a 1200 de los 6500 millones de pobladores de la Tierra; los subdesarrollados, a los 5300 millones restantes. Los países ricos todavía seguirán teniendo en 2050 unos 1200 millones de habitantes, pero los países pobres crecerán hasta 7900 millones. La caída de la tasa de natalidad será causa de que algunos países ricos comiencen a perder población a partir de 2010.

CANADA
32/43 (+34 %)

EE.UU.
298/395 (+33 %)

CARIBE
39/46 (+18 %)

AMERICA CENTRAL
147/210 (+43 %)

AMERICA DEL SUR
375/527 (+41 %)

EUROPA SEPTENTRIONAL
96/106 (+10 %)

EUROPA ORIENTAL
297/224 (–25 %)

EUROPA OCCIDENTAL
185,9/185,5 (–0,2 %)

EUROPA MERIDIONAL
149/139 (–7 %)

AFRICA SEPTENTRIONAL
191/312 (+63 %)

AFRICA OCCIDENTAL
264/587 (+122 %)

AFRICA CENTRAL
110/303 (+175 %)

AFRICA AUSTRAL
54/56 (+4 %)

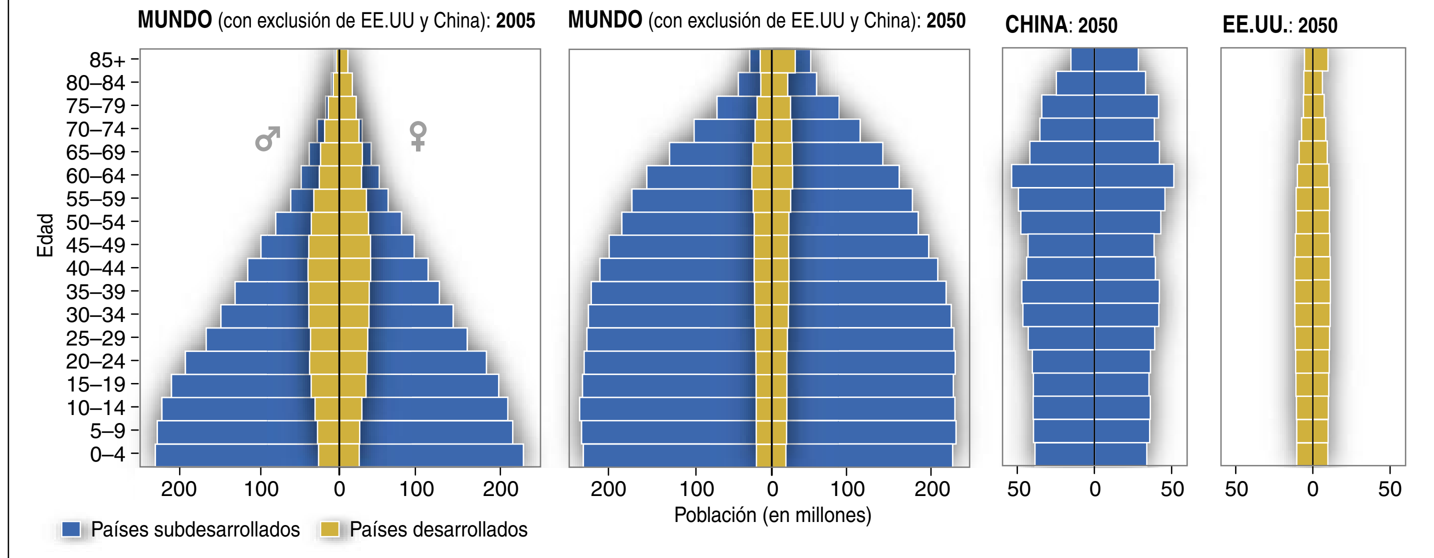
AFRICA ORIENTAL
288/679 (+136 %)

ASIA OCCIDENTAL
214/383
(+79 %)

CLAVE

REGION
Población (en millones)
en 2005/2050
(cambio porcentual)
*Países desarrollados = Europa, Norteamérica, Australia, Nueva Zelanda y Japón

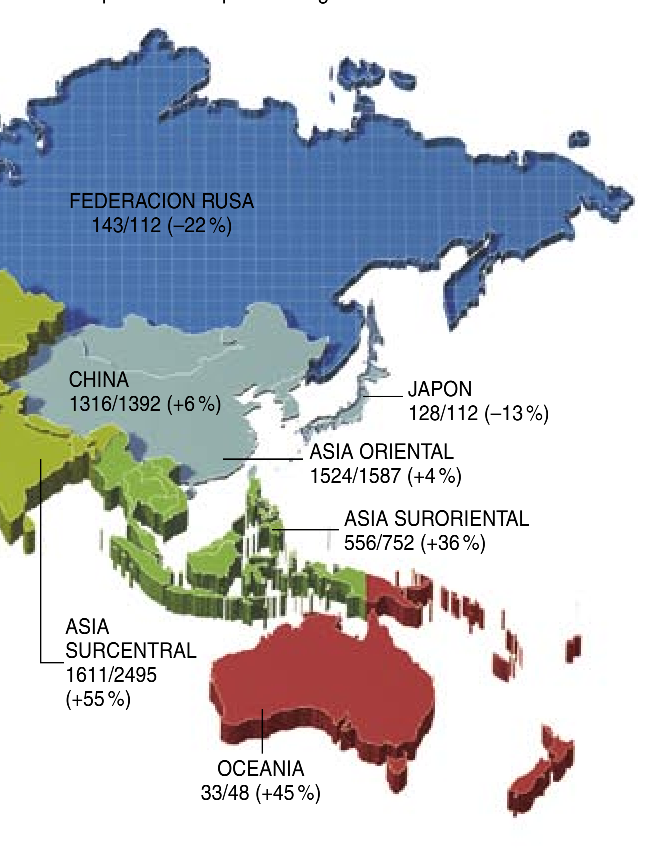
FUENTE: Secretariado de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población, World Population Prospects: The 2004 Revision and World Urbanization Prospects: The 2003 Revision, *http://esa.un.org/unpp; 7 de julio de 2005*

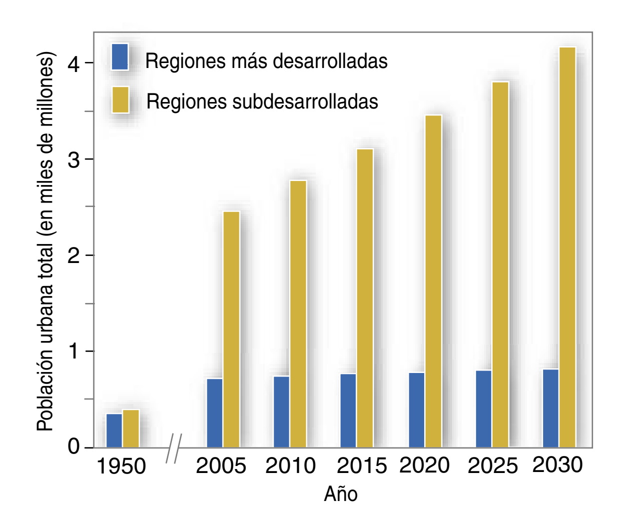


LA ESTRUCTURA POR EDADES también está conformada por las diferencias de fertilidad. En los países subdesarrollados, donde la población está creciendo rápidamente, cada nueva cohorte de nacidos es mayor que la precedente; la distribución de población forma una pirámide de base amplia. En los países desarrollados, de fertilidad escasa pero con elevada supervivencia hasta edades avanzadas, la pirámide se asemeja a una columna que se irá estrechando por la base a lo largo de los 45 años venideros. China y EE.UU. son excepcionales en sus categorías: la política china de un hijo por familia le confiere una estructura de población más similar a la de los países desarrollados, mientras que la inmigración, muy numerosa, mantiene a EE.UU. más "joven" que la mayoría de los países desarrollados.

FUENTE DE LA GRAFICA DE POBLACION URBANA: *CITIES TRANSFORMED: DEMOGRAFIC CHANGE AND ITS IMPLICATIONS IN THE DEVELOPING WORLD*, POR M.R. MONTGOMERY ET AL. NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2003

También en los países en desarrollo va a descender la fertilidad hasta alcanzar la tasa de reposición de 2,1 hijos por mujer hacia 2035, si bien la natalidad en algunos de los países más pobres seguirá siendo más elevada.





LAS POBLACIONES URBANAS van a crecer en los países pobres mucho más rápidamente que en los ricos, según previsiones ordenadas según la renta *per cápita* nacional. En el 60 por ciento de los países en desarrollo, el crecimiento urbano será resultado del crecimiento vegetativo, y el resto, de migraciones desde el medio rural a zonas urbanas.

quisieron cuantificar en 2002 la cantidad de tierra utilizada para proveernos de recursos y absorber desechos. Su estimación preliminar concluía que la humanidad utilizaba ya en 1961 el 70 por ciento de la capacidad global de la biosfera, y que en 1999 había llegado al 120 por cierto. Con otras palabras: en 1999 se estaba explotando el medio ambiente más rápidamente de lo que éste podía regenerarse, situación —proclamaban— a todas luces insostenible.

Este enfoque tropieza con muchos problemas. Tal vez el más grave estribe en su tentativa de establecer una condición necesaria para la sostenibilidad basada en una sola magnitud, la superficie de suelo biológicamente productivo. Por ejemplo, para traducir el consumo de energía a unidades de suelo, Wackernagel y sus colegas calcularon la superficie forestal necesaria para absorber el dióxido de carbono producido en la generación de energía. Este enfoque es inadecuado para las técnicas de producción energética que no emiten dióxido de carbono, como los paneles solares y las centrales hidroeléctricas, eólicas o nucleares. La conversión de toda la producción energética a energía únicamente nuclear trasladaría el problema de la “excesiva producción de CO_2” al de un “excesivo consumo de combustible nuclear”. El problema de la sostenibilidad permanecería, pero la superficie de territorio biológicamente productivo no constituiría un indicador útil de su magnitud.

Entre otras magnitudes unidimensionales que se han propuesto como límite superior de la capacidad de sustentarse de la humanidad se cuentan el agua, la energía, los alimentos y diversos elementos químicos precisos para la producción de alimentos. Cada uno de esos índices individuales presenta la dificultad de que su significado depende de los valores que tomen otros factores. Supongamos, por ejemplo, que escasea el agua dulce, pero se dispone de energía en abundancia. En tal caso sería posible la desalinización y transporte del agua; si la energía es cara, la desalinización y el transporte quizá resulten impracticables.

Las tentativas de cuantificación de la capacidad de la Tierra para sustentar a los seres humanos, o para determinar el tamaño sostenible de la población humana, han de afrontar el problema de comprender las limitaciones impuestas por la naturaleza, las decisiones que han de tomar las personas y las interacciones entre aquéllas y éstas. Algunas de las limitaciones impuestas por la naturaleza se estudian en otros artículos de este número. Aquí pretendo llamar la atención sobre lo que corresponde a la decisión humana en la evaluación de la sostenibilidad.

¿Qué ambicionarán los humanos, y qué es lo que aceptarán como promedio de bienestar material y en cuanto a su distribución en 2050 y más allá? ¿Cuál será el estado de la técnica? ¿Qué instituciones nacionales o internacionales podrán resolver los conflictos? ¿Qué organizaciones económicas proporcionarán créditos, regularán el comercio, fijarán normas o financiarán inversiones? ¿Qué disposiciones sociales o demográficas influirán en la natalidad, la salud, la educación, el matrimonio, las migraciones o la muerte? ¿En qué ambientes físicos, químicos o biológicos estará dispuesta a vivir la población? ¿Qué grado de variabilidad querrán aceptar? (Si no importase que la población disminuyera en miles de millones cuando el clima se volviese desfavorable, tal vez se consideraría sostenible a una población mucho mayor cuando el clima fuese favorable.) ¿Con qué grado de riesgo se está dispuesto a vivir? (¿Se consideran riesgos aceptables los corrimientos de tierras, las riadas o inundaciones y los huracanes? La respuesta influirá en la superficie territorial por habitable.) ¿Qué horizonte temporal se considera? Por úl-

BRYAN CHRISTIE DESIGN (*mapa*); JEN CHRISTIANSEN (*gráficas*)

EL COMODIN DE LA MIGRACION



Nuevos ciudadanos de EE.UU.

El efecto inmediato de las migraciones sobre el tamaño de la población mundial es escaso, pero puede acelerar la reducción del crecimiento de la población. Los emigrantes que se desplazan desde territorios de elevada fertilidad a otros de fertilidad pequeña tienden a adoptar los patrones reproductivos de su nuevo hogar, aunque con cierto desfase temporal. Se prevé que entre 2005 y 2050 el saldo neto anual (inmigrantes menos emigrantes) sea de unos 2,2 millones de personas en las regiones más desarrolladas; de ellas, la mitad en EE.UU.

Las futuras migraciones internacionales estarán más sujetas a las decisiones políticas de los diversos países que la mayoría de las variables demográficas, lo que dificulta el pronóstico. Suponiendo que se mantengan los niveles migratorios actuales, los 98 millones de inmigrantes netos que se espera ingresen en las regiones desarrolladas durante el período 2005-2050 compensarían con holgura las pérdidas previstas de 73 millones debidas al superávit de óbitos sobre nacimientos. Las diferentes situaciones hipotéticas acerca de la migración internacional no obstaculizarían el brusco ascenso en la proporción de ancianos dependientes previsto en la centuria venidera para los países desarrollados, aunque sí repercutirían en el tamaño de la población.

Así, la Oficina de Censo estadounidense calculó en 2000 cuál sería la población de EE.UU. con distintos supuestos acerca de la inmigración. Los resultados oscilaban entre 328 millones, correspondientes a un incremento de la población del 20 por ciento con inmigración nula, hasta 553 millones, un aumento del 80 por ciento, con el máximo índice de inmigración, que correspondería al ingreso de 2,8 millones de personas por año a la altura de 2050. Sin embargo, aun teniendo en cuenta la inmigración, la razón entre las clases pasivas y la población activa aumentaría bruscamente entre 2010 y 2035 en EE.UU., para seguir luego creciendo de forma más suave. Las previsiones para 2050 son que este cociente oscile entre un 39 por ciento sin inmigración, y un 30 por ciento con la inmigración máxima.

timo, pero muy importante, ¿cuáles serán en el futuro los valores y los gustos? Como ya señaló en 1977 el antropólogo Donald L. Harvest: "Un terreno puede tener una reducida capacidad de sustentar a los seres humanos, no porque la tierra sea infértil, sino porque sea sagrada o esté habitada por espíritus."

La mayoría de las estimaciones publicadas sobre la capacidad de la Tierra de sostener vida humana han aceptado sin mayor crítica unas u otras respuestas a una o más de estas preguntas. He recogido y analizado en mi libro *¿A cuántos puede sustentar la Tierra?* más de cinco docenas de tales estimaciones, publicadas desde 1679 en adelante. Las efectuadas en el último medio siglo oscilaban desde menos de 1000 millones hasta más de un billón. Tales números están políticamente sesgados; tienen el propósito de persuadir, sea en un sentido o en el contrario: somos ya demasiados sobre la Tierra; o bien, no hay problema en que continúe el rápido crecimiento de la población.

Los números científicos se proponen describir la realidad. Dado que ninguna de las estimaciones de la capacidad de sustentar seres humanos se ha ocupado explícitamente de las cuestiones antes planteadas, ni ha tomado en consideración la diversidad de opiniones al respecto en culturas y sociedades diferentes, no se puede afirmar que existan estimaciones científicas del tamaño de la población humana sostenible.

La atención sobre la viabilidad a largo plazo es, con excesiva frecuencia, una diversión del problema inmediato de hacer que el mañana sea mejor que hoy, tarea que sí ofrece amplias oportunidades para la ciencia y la actuación constructiva. Consideremos dos grandes tendencias demográficas, la urbanización y el envejecimiento, y algunas de los caminos que podrían seguirse.

Urbanización

Muchas de las grandes ciudades se fundaron en regiones de productividad agrícola excepcional: terrenos aluviales de ríos, zonas costeras o islas con acceso favorable a los recursos alimenticios del mar o del comercio marítimo. Si la población urbana se duplicase en el medio siglo venidero y pasara de 3000 a 6000 millones, en tanto que la población rural se mantuviese en 3000 millones, y si muchas ciudades se expandieran en superficie en lugar de aumentar en densidad, las tierras agrícolas fértiles que rodean a tales ciudades podrían perder su papel productivo y los desechos urbanos afectarían gravemente a las aguas vecinas a las ciudades costeras o isleñas.

En la actualidad, la mitad de la población del planeta que se encuentra más densamente asentada vive en un 2 o un 3 por ciento de las tierras sin hielos. Si en 2050 las ciudades hubiesen duplicado su superficie al par que su población, las áreas urbanas habrían crecido hasta ocupar el 6 por ciento de la tierra emergida. Tal superficie se detraería del 10 al 15 por ciento de las tierras consideradas cultivables, lo que quizá tuviese graves repercusiones en la producción agrícola. Si las ciudades se planificaran para evitar que invadiesen tierras cultivables, se reducirían mucho los efectos del crecimiento de su población sobre la producción de alimentos, objetivo del mayor interés para los habitantes de las ciudades, dependientes de que se las aprovisione.

A menos que surja una horticultura urbana destinada a la alimentación, cada habitante del medio rural tendrá que pasar, en menos de medio siglo, de alimentarse a sí misma y a un habitante de las ciudades, por término medio, a alimentarse a sí misma y a dos habitantes de las ciudades. Si aumentara la intensidad de la producción agrícola rural, la demanda de alimentos, sumada a la técnica suministrada a las regiones rurales por las ciudades

SPENCER PLATT *Getty Images*

en expansión, podría acabar sacando de la miseria a la población rural, como ha ocurrido en muchos países ricos. Por otra parte, si para aumentar las cosechas se aplican más abonos químicos y plaguicidas, el aumento de la producción de alimentos impondrá una carga enorme al medio.

La urbanización amenaza a los habitantes de las ciudades con el peligro aterrador de las enfermedades infecciosas a menos que se tomen las medidas sanitarias adecuadas para suministrar agua potable y eliminar los desechos. Por otra parte, en las ciudades se concentran también las posibilidades de enriquecimiento educativo y cultural, de recibir atención sanitaria y de encontrar empleo. Por consiguiente, si la mitad de la infraestructura urbana que existirá en el mundo de 2050 ha de ser construida en los 45 años venideros, la oportunidad de diseñar, construir y mantener nuevas ciudades, mejores que las antiguas, son enormes y apasionantes.

Cada campesino produce hoy, por término medio, alimento para sí y para un habitante de las ciudades. En 2050 tendrá que mantener a dos.



ERIK DE CASTRO *Reuters/Corbis*

Envejecimiento

La urbanización va a interactuar con la transformación que experimentarán las sociedades humanas a causa del envejecimiento. Las ciudades elevan el plus abonado a los trabajadores más jóvenes que han recibido una educación mejor. Al mismo tiempo, la movilidad que promueven debilita a menudo las redes tradicionales de parentesco que proporcionan apoyo familiar a los ancianos. Una mujer mayor, carente de educación, que podría contar con el respaldo de la familia y ser productiva en un medio rural, tendrá dificultades para ganarse la vida y contar con apoyo social en una ciudad.

A partir de 2010, en la mayor parte de los países se experimentará una nítida aceleración del ritmo a que se incrementa la razón de dependencia de la tercera edad (el cociente de dividir el número de personas de 65 o más años por el de las comprendidas entre 15 y 64). Este desplazamiento acontecerá primero, y de forma más acusada, en los países desarrollados; en los subdesarrollados se experimentará un lento crecimiento de esa dependencia a partir de 2020. En 2050, la razón se aproximará en los países subdesarrollados a la que tenían los desarrollados en 1950.

Sin embargo, la extrapolación directa, a partir de la edad, sobre cargas sociales y económicas resulta poco fiable. La carga económica impuesta por las personas de edad dependerá de su salud, de las instituciones económicas disponibles para ofrecerles trabajo y de las instituciones sociales disponibles para atenderles.

Las tendencias en la salud de los mayores son, en conjunto, positivas, a pesar de problemas graves en algunas economías en transición y en las regiones afectadas por el sida. El porcentaje de ancianos estadounidenses con incapacidad crónica, por ejemplo, declinó rápidamente entre 1982 y 1999. En consecuencia, hubo entre los ancianos de EE.UU. un 25 por ciento menos de incapacitados crónicos de lo esperable si la tasa de incapacidad se hubiera mantenido constante desde 1982.

Dado que las personas de la tercera edad empiezan, en caso de dificultad, por depender de su cónyuge (si lo tienen), la situación marital constituye también una influencia clave en las condiciones de vida. Las personas casadas tienen mayor probabilidad de permanecer en su domicilio, en vez de ser alojadas en instituciones, que las solteras, viudas o divorciadas.

La sustentabilidad de la población de más edad depende de manera compleja no sólo de su edad, sexo y situación marital, sino también de que cuenten con descendientes que les ayuden, amén, claro está, de su situación socioeconómica. Una educación más completa en la juventud va asociada con una mejor salud en la vejez. Por consiguiente, una estrategia obvia para mejorar el sustento de la avalancha de personas mayores que está a punto de llegar consiste en invertir ahora en la educación de los jóvenes, sin olvidar aquellas conductas que preserven la salud y promuevan la estabilidad del matrimonio. Otra estrategia evidente consiste en invertir en instituciones sociales y económicas que faciliten la productividad económica y la participación social de las personas de edad avanzada.

Nadie conoce cuál es la vía hacia la sostenibilidad porque nadie sabe cuál es el punto de destino, si lo hay. Pero sí sabemos mucho de lo que podríamos hacer hoy para lograr un mañana que sea mejor de lo que sería si no sacamos provecho de nuestros conocimientos. Como hizo notar el economista Robert Cassen: "Lo que debe hacerse por razones demográficas, debería hacerse de todas formas por otras razones."

El autor

Joel E. Cohen dirige el Laboratorio de Población de la Universidad Rockefeller y la Universidad de Columbia. Estudia la biología, demografía, ecología y epidemiología de poblaciones, humanas o no, valiéndose de métodos matemáticos, estadísticos e informáticos.

Bibliografía complementaria

How Many People Can the Earth Support? Joel E. Cohen. W.W. Norton, 1995.

A Concise History of World Population: An Introduction to Population Processes. Tercera edición revisada. Massimo Livi-Bacci, Blackwell Publishers, 2001.

Demography: Measuring and Modelling Population Processes. Samuel H. Preston, Patrick Heuveline y Michel Guillot. Blackwell Publishers, 2001.

¿PODRA ERRADICARSE LA POBREZA EXTREMA?

JEFFREY D. SACHS

La economía de mercado y la globalización están sacando del abismo de la pobreza a gran parte de la humanidad. Sin embargo, quedan todavía más de mil millones de personas sumidas en la más absoluta indigencia

El hambre, la mortalidad infantil, las epidemias y un sinfín de otras amenazas han constituido un terrible azote para el género humano a lo largo de su historia. Este triste sino comenzó a cambiar con la revolución industrial, allá por 1750, cuando las innovaciones técnicas derivadas de los descubrimientos científicos fueron salvando de la extrema miseria a una proporción cada vez mayor de la población mundial.

Dos siglos y medio después, más de 5000 de los 6500 millones de habitantes del planeta cuentan con los medios para hacer frente a sus necesidades básicas; han salido de las precarias condiciones que antaño regían la vida cotidiana. Sin embargo, una de cada seis personas lucha día tras día por conseguir alguno de esos bienes elementales, si no todos: alimentación adecuada, agua potable, vivienda digna y acceso a una atención sanitaria mínima. Con menos de 1 dólar al día pugnan por subsistir, al margen de los sistemas públicos de sanidad, educación e infraestructuras. Más de 20.000 personas mueren a diario en la miseria más espantosa, faltos de comida, agua potable, medicinas u otras necesidades básicas.

Por primera vez en la historia, merced a la prosperidad económica mundial —consecuencia del continuo progreso científico y técnico, y de la acumulación de riqueza—, el mundo se halla en condiciones de erradicar la pobreza extrema en su totalidad. Tal expectativa quizá pueda parecer utópica, pero los espectaculares logros económicos de los últimos 25 años en China, India y otros países asiáticos de renta baja demuestran que se trata de una meta alcanzable. Además, la estabilización que la población mundial sufrirá (según las predicciones) a mediados de este siglo aliviará las presiones sobre el clima, los ecosistemas y los recursos naturales del planeta, que, de otro modo, podrían llegar a anular los beneficios económicos.

Aunque el crecimiento económico haya demostrado una notable capacidad para sacar de la miseria a enormes masas humanas, el progreso no es automático ni inevitable. Las fuerzas del mercado y el libre comercio no bastan por sí solas. Gran parte de las regiones más pobres han caído en una trampa de la que no pueden escapar, pues carecen de recursos financieros que les permitan afrontar inversiones en infraestructura, educación, sanidad y otras necesidades básicas. Pese a todo, acabar con esta miseria es posible si se emprende una acción global concertada; a ello se comprometieron

1. LA POBREZA EXTREMA podría erradicarse en pocos decenios si los países desarrollados dedicasen un ínfimo porcentaje de su riqueza a ayudar a los 1100 millones de indigentes a salir de su terrible miseria. En la imagen, un solo caño de agua abastece una aldea entera de Ghana.

IAN BERRY *Magnum Photos*



las naciones del mundo cuando adoptaron las Metas de Desarrollo del Milenio señaladas en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas en el año 2000. Varias agencias de desarrollo, instituciones financieras internacionales, organizaciones no gubernamentales y comunidades integran ya, a través de todos los países en desarrollo, una red mundial de asesoría y cooperación que ayudará a alcanzar ese objetivo.

En el pasado enero, dentro del Proyecto Milenio de las Naciones Unidas, mis compañeros y yo publicamos un plan para rebajar a la mitad el índice de pobreza extrema en 2015 (en relación al de 1990), amén de lograr otros objetivos cuantitativos en la reducción del hambre, las enfermedades y la degradación ambiental. Creemos que una inversión pública orientada y aplicada a gran escala suprimiría este problema hacia el 2025 (en un proceso similar a la erradicación de la viruela). Se trata, sin duda, de una hipótesis controvertida; por ello me complace tener la oportunidad de aclarar sus principales argumentos y responder a las diversas objeciones que se han planteado.

LA POBREZA EN UNA ENCRUCIJADA

EL PROBLEMA:

- Gran parte de la humanidad ha logrado salir de la pobreza extrema desde los albores de la Revolución Industrial, a mediados del siglo XVIII. Sin embargo, unos 1100 de los 6500 millones que hoy pueblan este mundo de abundancia se hallan todavía sumidos en la más absoluta indigencia.
- Estos infortunados, que subsisten con menos de 1 dólar al día, apenas tienen acceso a una alimentación adecuada, agua potable, alojamiento, alcantarillado y asistencia sanitaria básica. ¿Qué puede hacer el mundo desarrollado para sacar de la miseria esta enorme población humana?

EL PLAN:

- La duplicación de la ayuda internacional constituiría un gran paso adelante hacia la erradicación de la calamidad que aflige a una de cada seis personas. Pero estas inversiones, cifradas en unos 160.000 millones de dólares, cerca del 0,5 por ciento del PIB de los países ricos, no cubrirían otro tipo de necesidades como el desarrollo de infraestructuras, la mitigación del cambio climático o las reconstrucciones de posguerra. Por tanto, los donantes deberían comprometerse, para el 2015, a ampliar esta ayuda hasta el 0,7 por ciento de su PIB.
- Estas donaciones, a menudo dirigidas a grupos locales, deberían vigilarse de cerca y auditarse para garantizar su correcta gestión.



Comida para jóvenes refugiados africanos

CHRIS STEELE-PERKINS *Magnum Photos*

Otra economía del desarrollo

En los últimos años, los economistas han aprendido mucho sobre el desarrollo en distintos países y los obstáculos con que tropiezan en su camino. Es hora de que surja una nueva economía del desarrollo, fundada en conocimientos científicos más sólidos: una "economía clínica", dada su afinidad con la medicina moderna. Los profesionales de la medicina conciben una enfermedad como el resultado de la interacción entre un vasto cúmulo de factores y condiciones: agentes patógenos, alimentación, ambiente, genética del individuo y de poblaciones y forma de vida. Saben, también, que para hallar el tratamiento adecuado resulta esencial diagnosticar en cada caso el origen de la afección. De forma análoga, los expertos en economía del desarrollo precisan mejores herramientas diagnósticas para detectar las muy variadas causas —algunas incluso ajenas al ámbito económico tradicional— de las patologías económicas.

Se halla enraizada, en los países ricos, la opinión de que las causas de la pobreza se encuentran en quienes la padecen, o al menos en sus gobiernos. Antaño se creyó que la raza constituía el factor decisivo. Se culpó también a la cultura: divisiones religiosas y tabúes, sistemas de castas, falta de iniciativa empresarial, desigualdades de género. Tales teorías han perdido crédito conforme un abanico cada vez más amplio de sociedades de distintas religiones y culturas lograba una relativa prosperidad. Por añadidura, ciertos aspectos culturales que se creían inmutables (el control de la natalidad y las atribuciones de género y casta, por ejemplo) sufren cambios, a menudo radicales, debido a la adaptación al medio urbano y a la mejora del nivel económico.

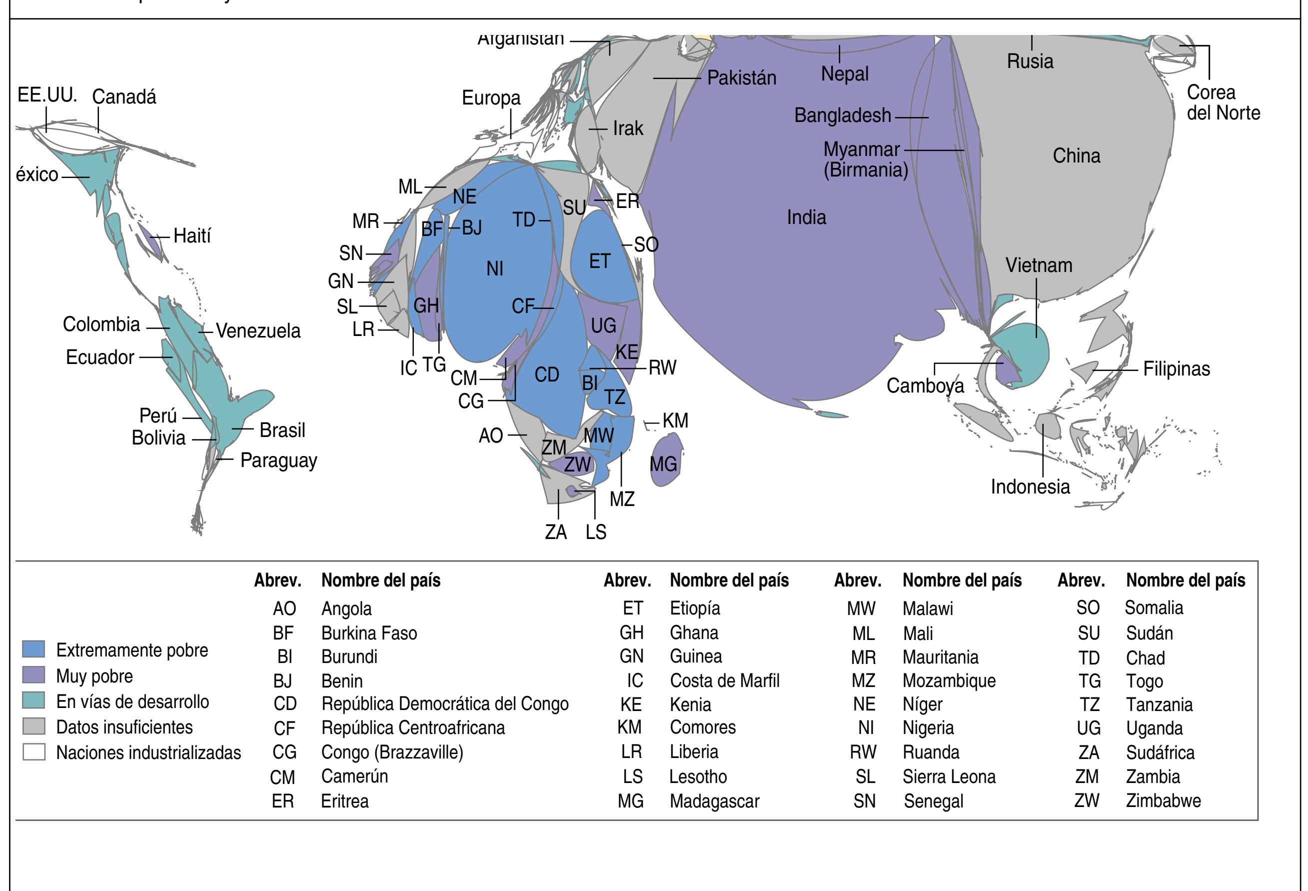
Las últimas acusaciones han recaído sobre la corrupción política. Se aduce que la pobreza persiste porque los gobiernos no abren sus mercados, no prestan servicios públicos y se sostienen mediante sobornos. Se proclama que si tales países depurasen su política, florecería también su economía. Los programas de ayuda al desarrollo se han convertido en una serie de lecciones sobre buenas prácticas de gobierno.

La disponibilidad actual de abundantes datos sobre distintos países y períodos permite realizar análisis más sistemáticos. Aunque el debate continúa, las pruebas indican que, pese a tratarse de un factor de suma importancia, la bondad del gobierno no constituye el único determinante del crecimiento económico. Según encuestas realizadas por Transparency International, los empresarios perciben que existe un mayor índice de corrupción en varios de los países asiáticos en rápido desarrollo que en algunos países africanos de crecimiento más lento.

La geografía —recursos naturales, clima, topografía y proximidad a las rutas comerciales y principales mercados— influye en el desarrollo de una nación tanto como la política de su gobierno. Ya en 1776, Adam Smith afirmaba que los elevados costes del transporte impedían el desarrollo de las regiones interiores de

POBREZA CRONICA: MUNDO RICO, GENTE POBRE

Gente que padece pobreza extrema (subsistir con menos de 1 dólar al día) la hay en todo el mundo. Sin embargo, se concentra en ciertas regiones: el Africa subsahariana, los altiplanos andinos y centroamericanos y las regiones aisladas de Asia central. En este mapa, cada país aparece en un tamaño proporcional al índice de población que vive en esas condiciones y un color indicativo del nivel de renta de sus habitantes más pobres. En ausencia de datos oficiales, se han estimado el índice de pobreza y su incidencia cuantitativa.



Abrev.	Nombre del país	Abrev.	Nombre del país	Abrev.	Nombre del país	Abrev.	Nombre del país
AO	Angola	ET	Etiopía	MW	Malawi	SO	Somalia
BF	Burkina Faso	GH	Ghana	ML	Mali	SU	Sudán
BI	Burundi	GN	Guinea	MR	Mauritania	TD	Chad
BJ	Benin	IC	Costa de Marfil	MZ	Mozambique	TG	Togo
CD	República Democrática del Congo	KE	Kenia	NE	Níger	TZ	Tanzania
CF	República Centroafricana	KM	Comores	NI	Nigeria	UG	Uganda
CG	Congo (Brazzaville)	LR	Liberia	RW	Ruanda	ZA	Sudáfrica
CM	Camerún	LS	Lesotho	SL	Sierra Leona	ZM	Zambia
ER	Eritrea	MG	Madagascar	SN	Senegal	ZW	Zimbabwe

FUENTE: CENTRO DE INVESTIGACION DE LA POBREZA CRONICA (WWW.CHRONICPOVERTY.ORG)

Africa y Asia. También el alto tributo que se cobran las enfermedades tropicales y otros factores asociados a la geografía interfieren en el proceso. Xavier Sala Martín, de la Universidad de Columbia, ha mostrado que los países tropicales castigados por la malaria han crecido con más lentitud que los que no padecen tal enfermedad. Por suerte, los factores geográficos configuran, pero no deciden, el destino de la economía de un país. Los avances técnicos permiten contrarrestarlos: sistemas de irrigación que combatan la sequía, carreteras y teléfonos móviles que eviten el aislamiento, y medidas preventivas y terapéuticas que erradiquen las epidemias.

Sin embargo, aun siendo el fomento del crecimiento económico global el mecanismo de mayor eficacia para reducir la pobreza, cuando la marea sube no todas las embarcaciones se alzan por igual. Aunque la renta media crezca, si su distribución es desigual los pobres apenas se benefician de ello y las bolsas de pobreza extrema persisten, sobre todo en regiones geográficamente desfavorecidas. Además, el desarrollo no corresponde sólo a un fenómeno de libre mercado. Requiere la presencia de servicios públicos básicos: infraestructuras, sanidad, educación e innovación científica y técnica. Un número importante de las recomendaciones que Washington ha emitido a los gobiernos de países subdesarrollados en los dos decenios anteriores —que recorten sus gastos para dejar lugar al sector privado— han resultado, pues, desacertadas. Los presupuestos gubernamentales, dirigidos a inversiones en áreas críticas, constituyen en sí mismos un acicate esencial para el crecimiento, sobre todo si pretenden llegar a los más pobres.

La trampa de la pobreza

¿A dónde nos conducen estas reflexiones en el caso de Africa, la región más castigada hoy por la pobreza? Hace cincuenta años, la riqueza del Africa tropical podía compararse con la de las regiones tropicales y subtropicales de Asia. Pero mientras que Asia ha prosperado, Africa ha quedado estancada. La geografía ha condicionado sobremanera este proceso.

Entre los factores geográficos determinantes destaca la cordillera del Himalaya, origen del régimen monzónico y de los inmensos sistemas fluviales asiáticos. Unas tierras de cultivo con riego abundante sirvieron de punto de partida para que Asia saliera de la pobreza extrema en los cinco últimos decenios. La “revolución verde” de

GLOBALIZACION, POBREZA Y AYUDA EXTERIOR

El ciudadano medio de un país desarrollado se pregunta a menudo qué efecto tiene la globalización económica en los países ricos y pobres y en qué gastan los países en vías de desarrollo las ayudas que reciben. A continuación se dan unas breves respuestas.

¿La globalización hace más ricos a los ricos y más pobres a los pobres?

En general, la respuesta es negativa. La globalización económica respalda el rápido progreso de numerosos países empobrecidos, sobre todo en Asia. El comercio internacional y las inversiones extranjeras han constituido factores clave para el notable crecimiento económico de China durante el último cuarto de siglo y el despegue económico de India desde los primeros años noventa. A los más pobres, sobre todo en el Africa subsahariana, la globalización no los ha frenado. Los ha dejado de lado.

¿La pobreza proviene de la explotación de los pobres por los ricos?

Los países ricos han saqueado y explotado repetidamente a los países pobres a través de la esclavitud, el dominio colonial y el comercio injusto. Sin embargo, tal vez sería más exacto afirmar que la explotación es un resultado, no una causa, de la pobreza, puesto que ésta aumenta la vulnerabilidad de los países empobrecidos. El origen de la pobreza suele hallarse en una escasa productividad laboral; ésta, a su vez, deriva de un estado de salud precario, una falta de especialización profesional, deficiencias en infraestructura (carreteras, centrales eléctricas, redes de suministro, puertos de embarque) y desnutrición crónica. La explotación ha contribuido a la aparición de algunas de esas carencias, pero otros factores de mayor profundidad (aislamiento geográfico, enfermedades endémicas, destrucción ambiental y obstáculos para la producción de alimentos) resultan cada vez más decisivos y difíciles de superar sin ayuda externa.

¿Aumentar la renta de los países pobres implica rebajar la de los países ricos?

En general, el desarrollo económico constituye un proceso de suma positiva; es decir, todos pueden participar en él sin que nadie se resienta. En los últimos 200 años, el mundo entero ha multiplicado su producción sin que la economía de una región haya tenido que crecer a expensas de otra. No cabe duda de que las tensiones ambientales globales empiezan a notarse. Al compás del desarrollo de los países pobres, aumentan las presiones sobre el clima, los bosques y la pesca. El desarrollo económico mundial es compatible con la gestión sostenible de los ecosistemas de los que depende toda la humanidad —en realidad, la riqueza es buena para el entorno—, pero ello exige que los poderes públicos y los avances técnicos fomenten las buenas prácticas y la inversión en desarrollo sostenible.

¿Compensan las contribuciones privadas la escasez de las ayudas oficiales en EE.UU.?

Algunos opinan que, aunque la ayuda oficial de EE.UU. a los países pobres sigue siendo escasa, ésta se ve compensada por las donaciones del sector privado. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha estimado que las fundaciones privadas y las ONG donan unos 6000 millones de dólares anuales en concepto de ayuda internacional, es decir, el 0,05 por ciento del PIB estadounidense. La ayuda internacional total de EE.UU. ronda, pues, el 0,21 por ciento de su PIB, una de las proporciones más bajas entre las naciones donantes.

los años sesenta y setenta introdujo semillas mejoradas, sistemas de riego y abonos que pusieron término al ciclo de hambrunas, epidemias y desesperación.

Asimismo, liberó de las faenas rurales a una proporción notable de la población activa, que buscó trabajo en las fábricas urbanas. A su vez, la urbanización impulsó el crecimiento, no sólo porque ofreció un marco para el desarrollo de la industria y la innovación sino, también, porque promovió mayores inversiones en una mano de obra sana y preparada. Al reducir la tasa de natalidad, los residentes urbanos contaron con más recursos para atender la salud, la alimentación y la educación de cada hijo. La tasa de escolarización en las ciudades superaba la de las zonas rurales. Con la aparición de infraestructuras urbanas y sistemas de sanidad, el riesgo de contraer enfermedades en estas poblaciones disminuyó con respecto a las zonas rurales, que suelen carecer de agua potable, sistemas de alcantarillado, asistencia médica y protección contra la malaria y otras epidemias.

Africa quedó al margen de la “revolución verde”. En el Africa tropical no existen las extensas llanuras de aluvión que facilitan el riego a gran escala y de bajo coste, característico del continente asiático. Además, la pluviosidad es allí sumamente variable. Los agricultores, en su extrema pobreza, carecen de recursos para comprar abonos. Las investigaciones iniciales recomendaron cultivos que no estaban generalizados en Africa, sobre todo el arroz con cascarilla y el trigo (en los últimos años se han desarrollado otras variedades de alto rendimiento adecuadas a sus suelos, pero su distribución es todavía escasa). El índice de producción de alimentos por persona ha descendido; la ingesta calórica es la más baja del mundo. Una angustiosa inseguridad alimentaria se cierne sobre este continente. La mano de obra está atada a la agricultura de subsistencia.

A sus calamidades agrícolas, Africa une la aplastante carga de las enfermedades tropicales. Debido al clima y a las especies de mosquito endémicas, la malaria se transmite allí con mayor intensidad que en ninguna otra parte. El elevado coste de los transportes favorece un aislamiento económico. En Africa oriental, por ejemplo, la pluviosidad es harto mayor en las tierras del interior; por ello vive allí más gente, lejos de los puertos y de las rutas del comercio internacional.

EMILY HARRISON

Situaciones parecidas se dan en otros lugares del mundo castigados por la pobreza, sobre todo en los altiplanos andinos y centroamericanos, así como en el interior de Asia Central. Aislados económicamente, estos países no se encuentran en condiciones de atraer grandes inversiones extranjeras, a no ser para la extracción de petróleo, gas y minerales preciosos. El costoso transporte a las regiones interiores constituye un factor disuasorio para los inversores. Por tanto, las zonas rurales siguen presas en un círculo vicioso de pobreza, hambre, enfermedad y analfabetismo. Las áreas empobrecidas no disponen de ahorros con los que financiar las inversiones que necesitarían porque la mayoría de las familias viven al día. Las que perciben una renta elevada, que son escasas, suelen depositar los ahorros fuera del país. Esta evasión de capitales no afecta sólo a las finanzas, sino también a los recursos humanos: los trabajadores cualificados (médicos, enfermeras, científicos e ingenieros) con frecuencia abandonan su país en busca de mejores oportunidades económicas. De forma perversa, los países más pobres son a menudo exportadores netos de capital.

Gestión de la ayuda

Las técnicas que permitirían superar estas deficiencias y poner en marcha el motor del desarrollo económico existen. La malaria, por ejemplo, se controla mediante el uso de mosquiteros, la aplicación de plaguicidas en las viviendas y la prescripción de mejores tratamientos médicos. Los países africanos propensos a la sequía, con suelos pobres en nutrientes, obtendrían enormes beneficios del riego por goteo y un mayor uso de fertilizantes. Los países sin salida al mar podrían comunicarse por redes de autovías pavimentadas, aeropuertos y cables de fibra óptica. Pero todas estas mejoras cuestan dinero.

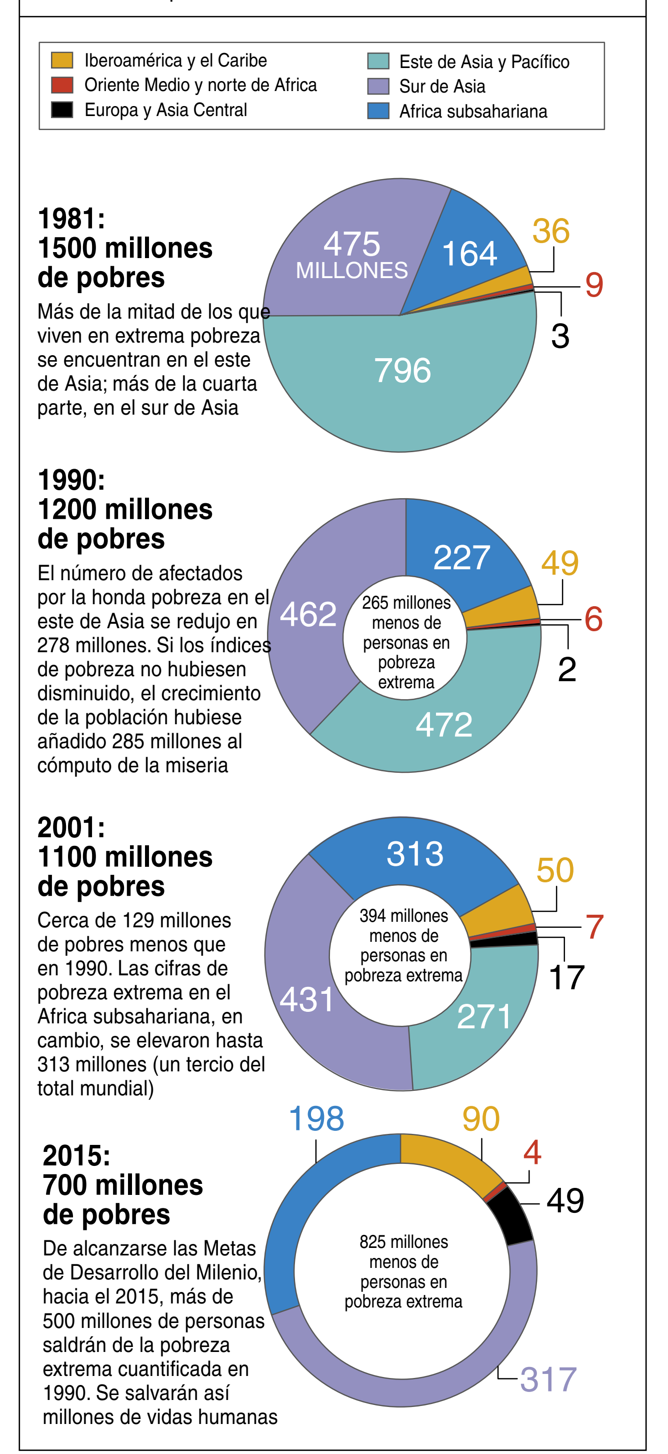
En China y otros países muy extensos, las regiones prósperas prestan ayuda a las retrasadas. La región costera oriental de China, por ejemplo, está financiando enormes inversiones públicas en la región occidental. En su mayoría, los países que están logrando un desarrollo notable, sobre todo los de menor tamaño, recibieron algún apoyo de donaciones externas en momentos cruciales. Las innovaciones científicas que sentaron las bases de la "revolución verde" recibieron de la Fundación Rockefeller la financiación requerida; la difusión de esas técnicas en India y demás lugares de Asia fue patrocinada por EE.UU., ciertos países europeos y organizaciones internacionales de desarrollo.

En el Proyecto Milenio de las Naciones Unidas se enumeran las inversiones requeridas para ayudar a los países pobres a cubrir sus necesidades básicas en sanidad, educación, agua, saneamiento, producción de alimentos, carreteras y otros aspectos esenciales. Se ha estimado, por un lado, el precio de esta ayuda; por otro, cuánto podrían pagar las familias pobres y cuánto las instituciones nacionales. El coste restante corresponde al "hueco de financiación" que debería cubrirse con donaciones internacionales.

La inversión total para el Africa tropical asciende a 110 dólares por persona y año. Para situarse en contexto, la renta media anual en esa región del mundo es de 350 dólares, que cubren sólo los gastos mínimos para vivir. Está claro que el coste de inversión total excede con

POBREZA EXTREMA: SITUACION ACTUAL

El número de personas hundidas en el abismo de la pobreza más extrema se ha reducido desde comienzos de los años ochenta del siglo pasado, en paralelo al fortalecimiento de la economía mundial. Pero los beneficios se han concentrado en el este de Asia, dejando atrás más de mil millones de indigentes en el Africa subsahariana, Asia central y altiplanos centroamericanos y andinos. Un decidido impulso para socorrer durante los próximos diez años a estas poblaciones retrasadas reduciría a la mitad el número de pobres. Las cifras inferiores corresponden a millones de personas.



JEN CHRISTIANSEN; FUENTE: BANCO MUNDIAL

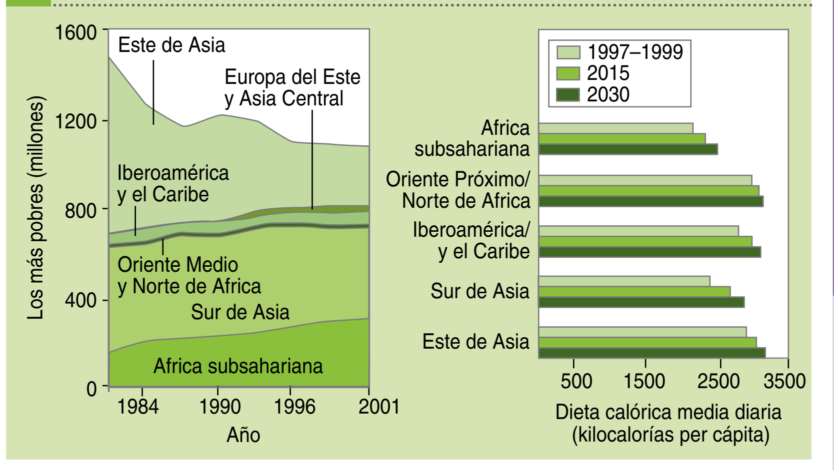
METAS DE DESARROLLO DEL MILENIO: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

En la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas de 2000, las naciones del mundo se comprometieron a realizar las inversiones necesarias para la mejora de las condiciones de vida de sus ciudadanos en cuanto a sanidad, educación, abastecimiento de agua potable, alcantarillado, producción alimentaria y otras necesidades básicas. Las Naciones Unidas señalaron ocho grandes Metas de Desarrollo del Milenio (ODM) para reducir de forma sustancial la pobreza extrema en todo el mundo hacia 2015. Los datos que se presentan en estas dos páginas ilustran los retos que implican esos objetivos. El progreso se mide en referencia a niveles estadísticos de 1990.

META 1 ERRADICAR EL HAMBRE Y LA POBREZA EXTREMA

Objetivo: Rebajar a la mitad la proporción de gente que vive con menos de 1 dólar al día y la proporción de los que padecen hambruna crónica.

Situación: Entre 1990 y 2001, el índice de población extremadamente pobre en Africa subsahariana, Iberoamérica y el Caribe se mantuvo estancado; en Asia Central creció de modo amenazador. El consumo de alimentos aumenta, pero el hambre azota todavía varias regiones.



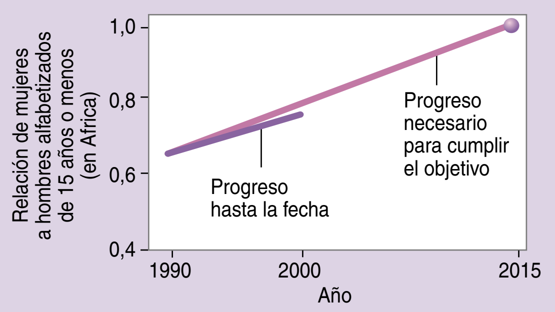
META 2 UNIVERSALIZAR LA EDUCACION PRIMARIA

Objetivo: Asegurar que hacia el 2015 los niños y niñas de todo el mundo completen un ciclo de enseñanza primaria.

META 3 PROMOVER LA IGUALDAD DE GENERO Y LA AUTONOMIA DE LA MUJER

Objetivo: Eliminar desigualdades de género en la educación primaria, secundaria y superior hacia el 2015.

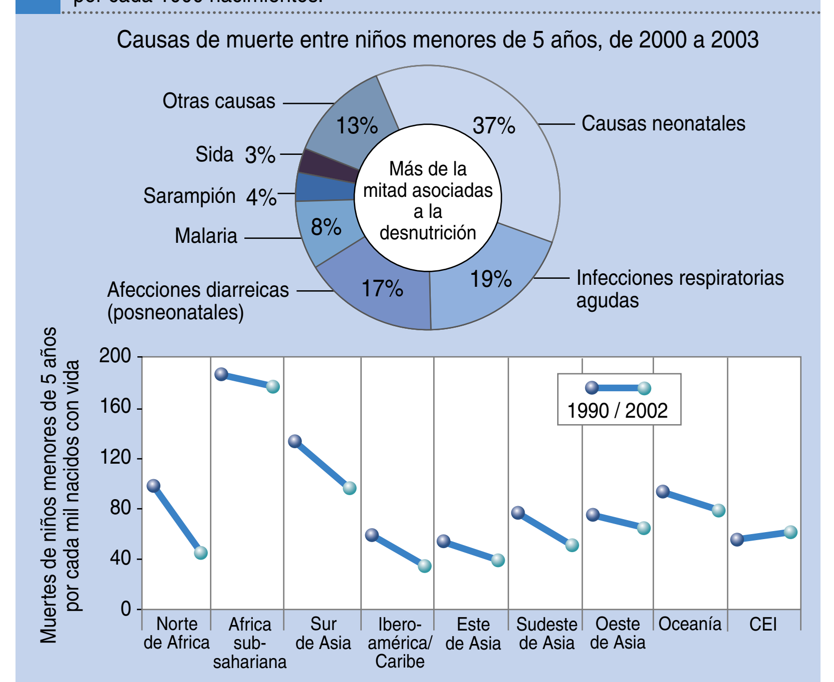
Situación: La educación probablemente constituye la mejor forma de promover la igualdad de género. Los mayores retos se presentan en Africa subsahariana, donde los índices de escolarización completa rondan el 50 por ciento. En mujeres y niñas son aún inferiores, como muestra la relación de mujeres a hombres alfabetizados en el continente africano.



META 4 REDUCIR LA MORTALIDAD INFANTIL

Objetivo: Reducir en dos terceras partes el índice de mortalidad de los niños menores de cinco años.

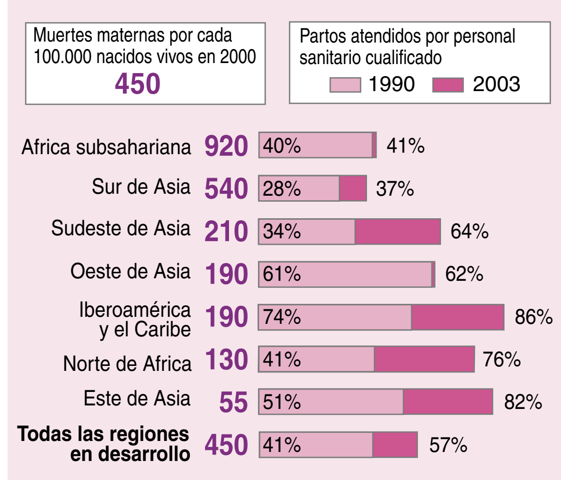
Situación: La mortalidad infantil desciende en todas las regiones salvo en las antiguas repúblicas soviéticas de la Comunidad de Estados Independientes (CEI), pero sigue siendo elevada en el Africa subsahariana y el sur de Asia. Compárese con el índice de mortalidad infantil en los países ricos durante el año 2000: seis por cada 1000 nacimientos.



META 5 MEJORAR LA SALUD MATERNA

Objetivo: Reducir en tres cuartas partes el índice de mortalidad materna hacia el año 2015.

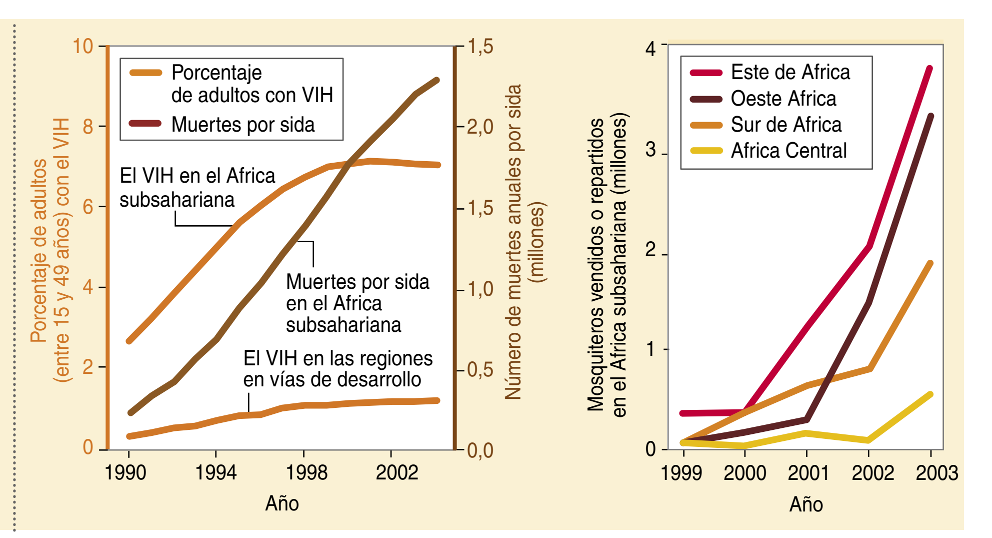
Situación: La tasa de mortalidad materna sigue siendo elevada en todos los países en vías de desarrollo. Aumentar la proporción de partos asistidos por personal sanitario cualificado resultará clave para la reducción de esas cifras.



SARA BEARDSLEY (*compilación de datos*); JEN CHRISTIANSEN (*ilustraciones*); FUENTES: META 1: BANCO MUNDIAL (*gráfico*); ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO) (*diagrama de barras*); METAS 2 Y 3: *ACHIEVING THE MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS IN AFRICA*, JUNIO DE 2002 (*gráfico*); META 4: *THE MDG REPORT 2005* (*diagrama de tarta*); DPTO. DE ESTADISTICA DE LAS NACIONES UNIDAS (*gráfico lineal*); META 5: *THE MDG REPORT 2005* (*diagrama de barras*)

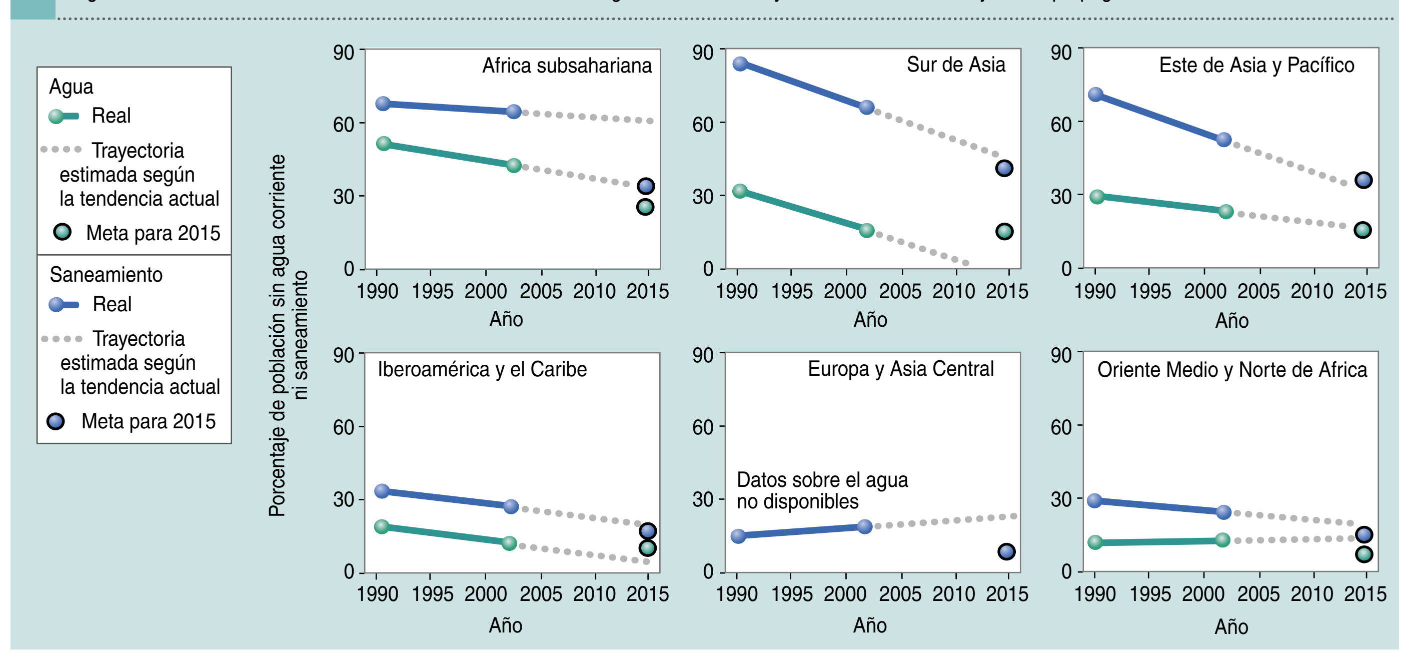
META 6 COMBATIR EL SIDA, LA MALARIA Y OTRAS ENFERMEDADES

Objetivos: Detener la propagación del sida e iniciar su retroceso. Frenar la propagación de la malaria y otras epidemias.
Situación: El virus VIH afecta ahora a unos 40 millones de seres humanos; se ha extendido sobre todo por el Africa subsahariana y constituye una seria amenaza para otras regiones en desarrollo. Mientras tanto, la malaria mata alrededor de tres millones de personas al año, sobre todo niños y en su mayoría en Africa. En los últimos años se ha extendido la distribución de mosquiteros, pero todavía se necesitan cientos de millones más en las regiones infectadas.



META 7 GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Objetivo: Reducir a la mitad, para el 2015, la proporción de población sin acceso sostenible al agua potable y a un saneamiento básico.
Situación: A excepción del Africa subsahariana, las zonas urbanas suelen gozar de un buen suministro de agua potable, si bien en las zonas rurales sigue siendo limitado. Las deficiencias en saneamiento de la región subsahariana y el sur de Asia contribuyen a la propagación de trastornos diarreicos.



META 8 ESTABLECER UN CONSORCIO MUNDIAL PARA EL DESARROLLO

Objetivo: Abordar las necesidades de los países menos adelantados (para lo cual deberá ampliarse la ayuda al desarrollo).
Situación: Los países ricos se han comprometido en repetidas ocasiones a destinar el 0,7 por ciento de su PIB a la ayuda exterior, pero 17 de los 22 donantes no han cumplido su promesa. Con todo, se han logrado ciertos progresos: los países de la Unión Europea se comprometieron en fecha reciente a alcanzar ese 0,7 por ciento en 2015. Mientras, otros donantes alegan que la excesiva corrupción de los países pobres impide su desarrollo económico. La tabla de la derecha contribuye a disipar ese mito; el grado de corrupción percibido es mayor en numerosas economías asiáticas de rápido crecimiento que en países africanos de desarrollo lento.

CORRUPCION Y CRECIMIENTO ECONOMICO

		Grado de corrupción percibido (a menor grado, menor corrupción)	Crecimiento medio anual del PIB per cápita, de 1980 a 2000
Africa subsahariana	Ghana	70	0,3
	Senegal	76	0,5
	Mali	78	–0,5
	Malawi	83	0,2
Este de Asia	India	83	3,5
	Pakistán	92	2,4
	Indonesia	122	3,5
	Bangladesh	133	2,0

META 6: *THE MDG REPORT 2005* (*gráficos*); META 7: *GLOBAL MONITORING REPORT 2005: MDG: FROM CONSENSUS TO MOMENTUM* (*datos*); META 8: *GLOBAL CORRUPTION REPORT*, POR TRANSPARENCY INTERNATIONAL, 2004 (*tabla*)

creces las posibilidades de autofinanciación. Quizá 40, de los 110 dólares citados, podrían financiarse en el propio país; faltarían entonces unos 70 dólares per cápita procedentes de ayuda internacional.

En total, la ayuda requerida para el mundo entero asciende a unos 160.000 millones de dólares anuales, el doble del presupuesto de ayuda de un país rico (80.000 millones). Esta cifra representa cerca del 0,5 por ciento del producto interior bruto (PIB) de los países donantes ricos. No incluye la reconstrucción de Irak tras la guerra, el socorro al tsunami del océano Indico ni otros proyectos humanitarios; para atender también esas necesidades, la ayuda debería ampliarse hasta un 0,7 por ciento del PIB. A ello se comprometieron todos los países donantes, pero muy pocos lo han cumplido. Los expertos del Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial, el gobierno británico y otras organizaciones han llegado a las mismas conclusiones.

En nuestra opinión, estas inversiones permitirían reducir a la mitad la pobreza de los países más desfavorecidos hacia 2015; si se mantuvieran, se suprimiría del todo en el 2025. No se trataría de "subsidios benéficos" de los ricos a los pobres, sino de una ayuda de mayor importancia y duración. La gente que apenas supera el nivel de subsistencia podría guardar parte de su dinero para necesidades futuras e incorporarse al ciclo virtuoso de aumento de ingresos, ahorros y bienes técnicos. Así, en vez de darles limosna, ayudaríamos a salir de la pobreza a más de mil millones de personas.



Niños hambrientos en Sudán

KENT KLICH *Magnum Photos*

Las encuestas revelan que los estadounidenses sobrestiman en 30 veces más la ayuda exterior que presta su país.

Si las naciones ricas no llevan a cabo estas inversiones, en el futuro serán llamadas a prestar ayudas de emergencia con carácter más o menos indefinido. Deberán afrontar hambrunas, epidemias, conflictos regionales y la proliferación de "santuarios" terroristas. Además, condenarán no sólo a los países pobres, sino también a ellos mismos a una cronificación de la inestabilidad política, las catástrofes humanitarias y la inseguridad.

El debate no se centra ya en el diagnóstico de la pobreza extrema y el cálculo de las necesidades de financiación, sino en los aspectos prácticos: ¿cuál sería la mejor forma de gestionar esa ayuda? Muchos opinan que los programas de ayuda anteriores fracasaron y que, por tanto, debemos intentar no cometer los mismos errores. Algunas de estas desconfianzas están bien fundadas; otras, en cambio, se nutren de informaciones erróneas.

Según revelan las encuestas, los estadounidenses sobrestiman con creces la cantidad que invierte su país en ayuda exterior; hasta 30 veces más. Al creer que para tan parcos resultados se ha donado mucho dinero, llegan a la conclusión de que los programas de ayuda han "fracasado". Pero la realidad no es ésa. La ayuda oficial de los EE.UU. al Africa subsahariana viene siendo de 2000 a 4000 millones de dólares anuales, es decir, alrededor de 3 a 6 dólares para cada africano. En su mayor parte, esta ayuda se ha prestado en forma de "cooperación técnica" —que llena los bolsillos de los asesores intermediarios—, envíos de alimentos para las víctimas de hambrunas y cancelación de la deuda exterior. Las inversiones para mejorar la sanidad, la nutrición, la producción de alimentos y el transporte han sido escasas. Por tanto, antes de negar la eficacia de la ayuda exterior, deberíamos darle una franca oportunidad.

Otro malentendido frecuente atañe a la corrupción. ¿Hasta qué punto el dinero de las donaciones va a parar a manos corruptas? Es bien cierto que algunas ayudas han terminado convertidas en sustanciosas cuentas bancarias en Suiza. Pero en estos casos, la asignación obedecía más bien a razones geopolíticas que al desarrollo. El apoyo de EE.UU. al régimen corrupto de Mobutu Sese Seko en Zaire (hoy República Democrática del Congo) durante la guerra fría ofrece un buen ejemplo de ello. Cuando la ayuda se ha destinado al desarrollo y no a objetivos políticos, los resultados han sido satisfactorios: desde la revolución verde hasta la erradicación de la viruela y la reciente desaparición, casi total, de la poliomielitis.

El paquete de medidas asistenciales que proponemos se dirigiría a países que contaran con un grado mínimo de buen gobierno y transparencia en sus operaciones.

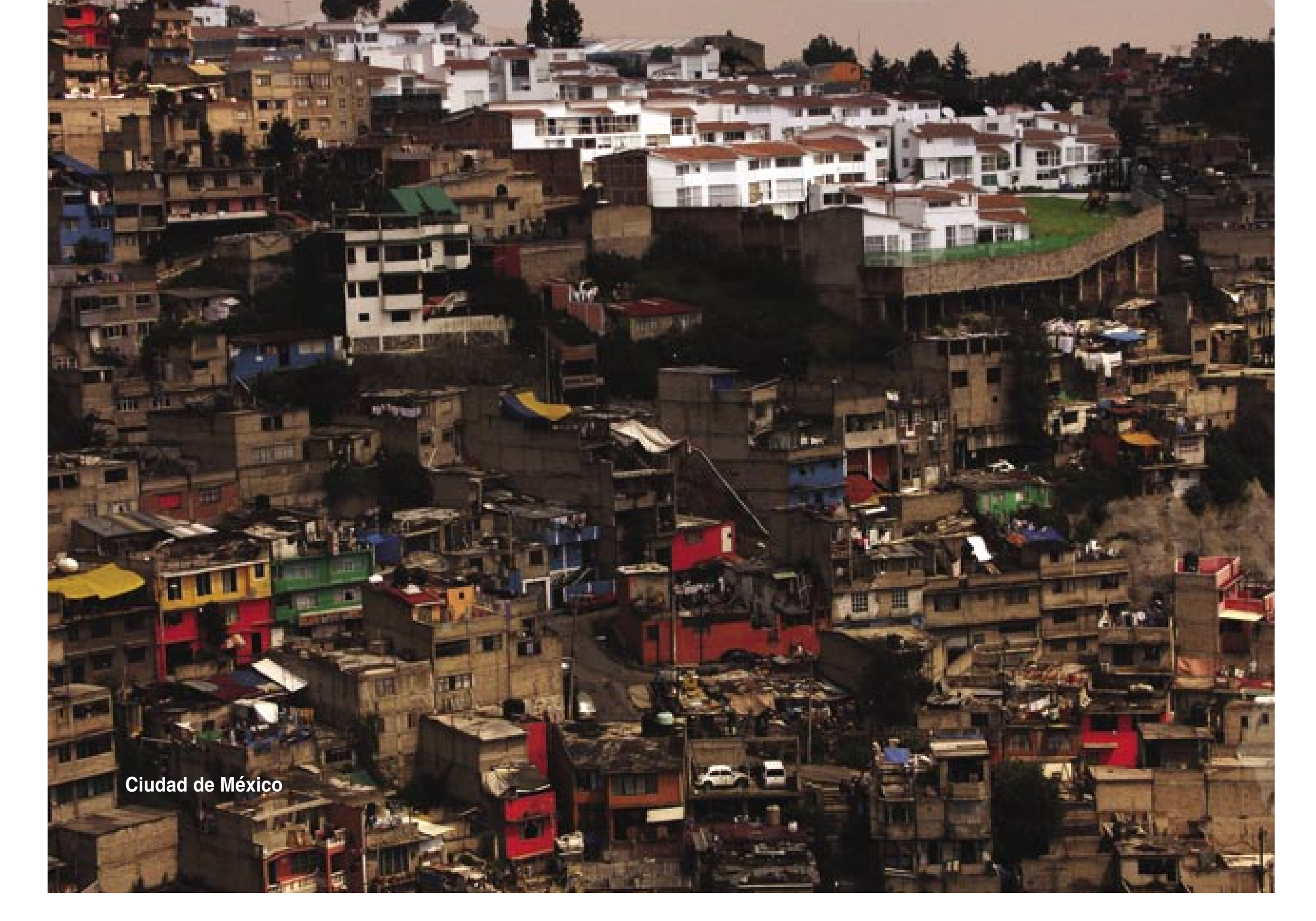


AYUDA AL EXTERIOR: ¿COMO DEBERIA GASTARSE EL DINERO?

En la tabla aparecen desglosadas las inversiones necesarias para alcanzar las Metas de Desarrollo del Milenio en tres países africanos pobres representativos. La ayuda total por persona para todas las naciones receptoras sería, en promedio, de unos 110 dólares anuales. La financiación procedería de la ayuda exterior, así como de los propios países.

Area de inversión	Promedio anual entre 2005 y 2015 (dólares per cápita)		
	Ghana	Tanzania	Uganda
Hambre	7	8	6
Educación	19	14	15
Igualdad de género	3	3	3
Sanidad	25	35	34
Suministro de agua y saneamiento	8	7	5
Mejora de barriadas pobres	2	3	2
Energía	15	16	12
Carreteras	10	22	20
Otros fines	10	10	10
Total	**100**	**117**	**106**

Calculado según datos tomados de Investing in Development (U.N. Millennium Project, Earthscan Publications, 2005). Las cifras sumadas no coinciden con el total debido al redondeo.



2. "RICOS ARRIBA, pobres abajo" describe la distribución de la sociedad desde los albores de la civilización. Pero la profunda interdependencia de todos los habitantes del planeta exige, por nuestro propio futuro, no dejar atrás a nadie, ni siquiera a los más miserables.

MONICA TERRAZAS *Galvan/UNEP/Peter Arnold*

En Africa: Etiopía, Ghana, Mali, Mozambique, Senegal y Tanzania. La entrega de dinero se realizaría según un plan detallado y bajo supervisión. La financiación se renovaría sólo cuando hubiera terminado el trabajo anterior. Gran parte de los fondos irían directamente a las aldeas y ciudades, para minimizar el riesgo de malversación por el gobierno central. Asimismo, todos los programas de ayuda deberían someterse a rigurosas auditorías.

La sociedad occidental tiende a considerar que el dinero de la ayuda exterior va a un fondo perdido. Sin embargo, si se gestiona de forma adecuada, constituye una inversión a largo plazo, que algún día aportará inmensos beneficios, como sucedió con las ayudas de EE.UU. a países europeos y del Lejano Oriente tras la Segunda Guerra Mundial. Cuando prosperen, las naciones hoy sumidas en la pobreza pondrán fin ellas mismas a una caridad interminable. Contribuirán al progreso internacional de la ciencia, la técnica y el comercio. Saldrán de la inestabilidad política que a muchas deja a merced de la violencia, el narcotráfico, la guerra civil e incluso el terrorismo. Nuestra propia seguridad se verá asimismo fortalecida. Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas, declaraba a principios de año: "No habrá desarrollo sin seguridad, ni seguridad sin desarrollo".

El autor

Jeffrey D. Sachs, se graduó en economía en la Universidad de Harvard. Dirige el Instituto de la Tierra en la Universidad de Columbia y el Proyecto Milenio de las Naciones Unidas. Ofrece asesoramiento económico a gobiernos de Iberoamérica, Europa del Este, la antigua Unión Soviética, Asia y Africa. Colabora también con agencias internacionales a favor de la reducción de la pobreza, el control sanitario y condonación de la deuda en los países en vías de desarrollo.

Bibliografía complementaria

DETERMINANTS OF LONG-TERM GROWTH: A BAYESIAN AVERAGING OF CLASSICAL ESTIMATES (BACE) APPROACH. X. Sala i Martin, Germot Doppelhofer y Ronald I. Miller en *American Economic Review*, vol. 94, n.º 4, págs. 813-835; septiembre de 2004.

ENDING AFRICA'S POVERTY TRAP. J. D. Sachs, J. W. McArthur, G. Schmidt-Traub, M. Kruk, C. Bahadur, M. Faye y G. McCord en *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 1, págs. 117-216; 2004.

THE DEVELOPMENT CHALLENGE. J. D Sachs en Foreign Affairs, vol. 84, n.º 2, págs. 78-90; marzo/abril de 2005.

THE END OF POVERTY: ECONOMIC POSSIBILITIES FOR OUR TIME. J. D. Sachs. Penguin Press, 2005.

INVESTING IN DEVELOPMENT: A PRACTICAL PLAN TO ACHIEVE THE MILLENNIUM DEVELOPMENT GOALS. Proyecto Milenio de las Naciones Unidas, 2005.

Logone-Birni y los poblados Ba-ila

Fractales urbanos africanos

Hemos dejado ya de contar cuántas son las formas que explica la geometría fractal, ese sinfín de curvas que ofrecen el mismo aspecto, cualquiera que sea la escala a que se las observe. O, dicho de otra forma, donde la ampliación de un detalle resulta indistinguible del conjunto del que se ha tomado. La forma de las nubes o las fluctuaciones de la bolsa se analizan en nuestros días mediante este instrumento matemático. Pero también podemos explorar el urbanismo y la arquitectura africanas gracias a los fractales.

Los kotoko, que moran a ambos lados del río Níger, construyeron el pueblo de Logone-Birni (*véase la figura 1*), en Camerún. Adoptaron como patrón un motivo básico rectangular, que se encuentra también, con carácter de símbolo real, en su emblema. Se explica la organización del palacio real (*véase la figura 2*) mediante un motivo fractal que se genera al repetirse la siguiente operación geométrica elemental: en los cuatro lados de un rectángulo inicial se toma un segmento de igual longitud y sobre cada uno de esos cuatro segmentos se construye en el interior del rectángulo inicial otro rectángulo, de forma que los cuatro nuevos rectángulos tengan las mismas dimensiones. Se repite el procedimiento: a partir de esos cuatro rectángulos se construyen 16. El resultado es una "parrilla" compuesta por los lados de 20 rectángulos, sobre la cual cabe superponer el plano del palacio real.

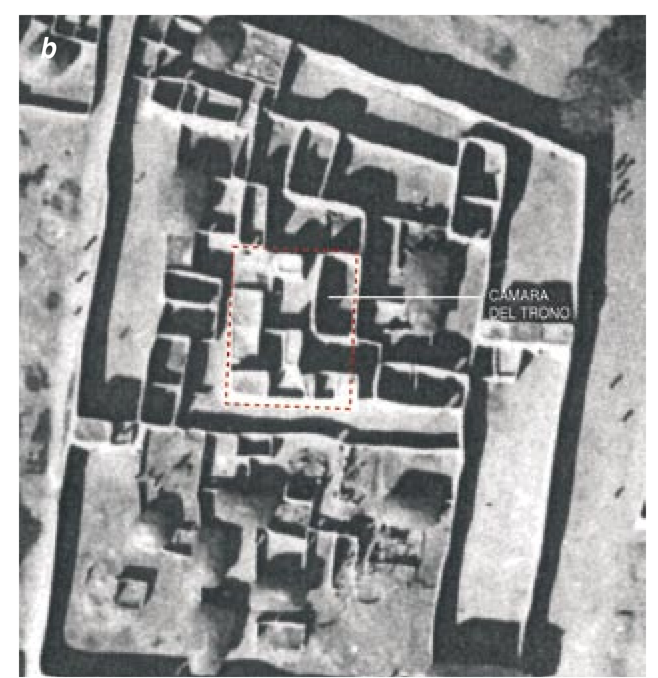
El visitante que se proponga llegar desde la entrada hasta la cámara del trono habrá de recorrer una espiral cuadrangular, llamada *Camino de luz*, cuyos lados disminuyen regularmente al doblar cada ángulo. A medida que avance (a cada cambio de escala), tendrá que ir adoptando un lenguaje más cortés y más respetuoso. Llegado a la cámara del trono, se descalzará y su lenguaje se atendrá a un rigor y una codificación estrictos.

Vemos otra forma fractal en la estructura de un poblado Ba-ila de Zambia (*véase la figura 3*). El motivo inicial es en este caso una curva circular no cerrada, en cuyo interior se inscribe un segmento rectilíneo. El motivo se divide en zonas "activas" que serán sustituidas por un motivo idéntico al de partida, aunque de menor tamaño. La misma operación se repite en cada una de las zonas activas del nuevo motivo. El resultado explica perfectamente la estructura de conjunto del poblado.

No es la arquitectura africana el único dominio donde encontramos fractales. Los hallamos en los tejidos, la artesanía y los peinados tradicionales del continente. Hasta ahora, las matemáticas de los fractales se aplicaban sobre todo a fenómenos naturales; ahora los descubrimos en construcciones humanas.

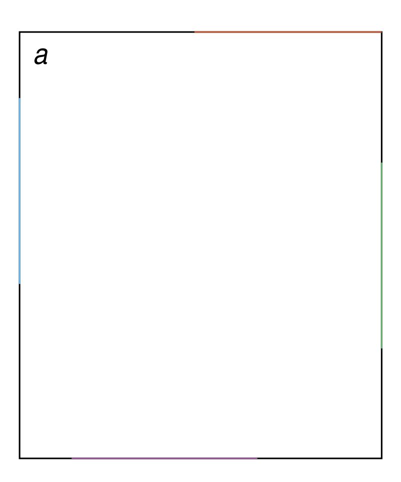
RON EGLASH
Instituto Politécnico Rensselaer,
Nueva York

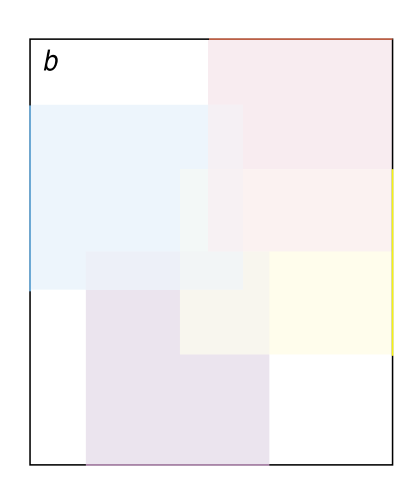


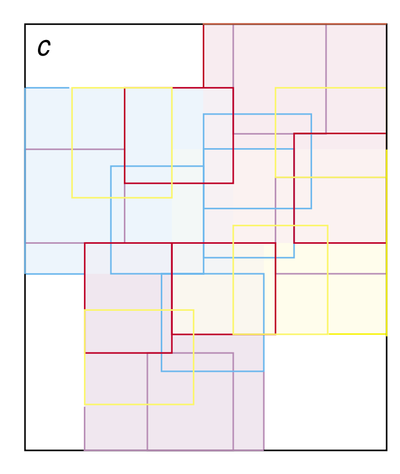


MUSEE DE L'HOMME, PARIS

1. Vista aérea del pueblo camerunés de Logone-Birni (*a*), construido por los kotoko, y ampliación del palacio real (*b*). Se pueden distinguir los aposentos del monarca (*delimitados por un trazo discontinuo rojo*) y la cámara del trono.

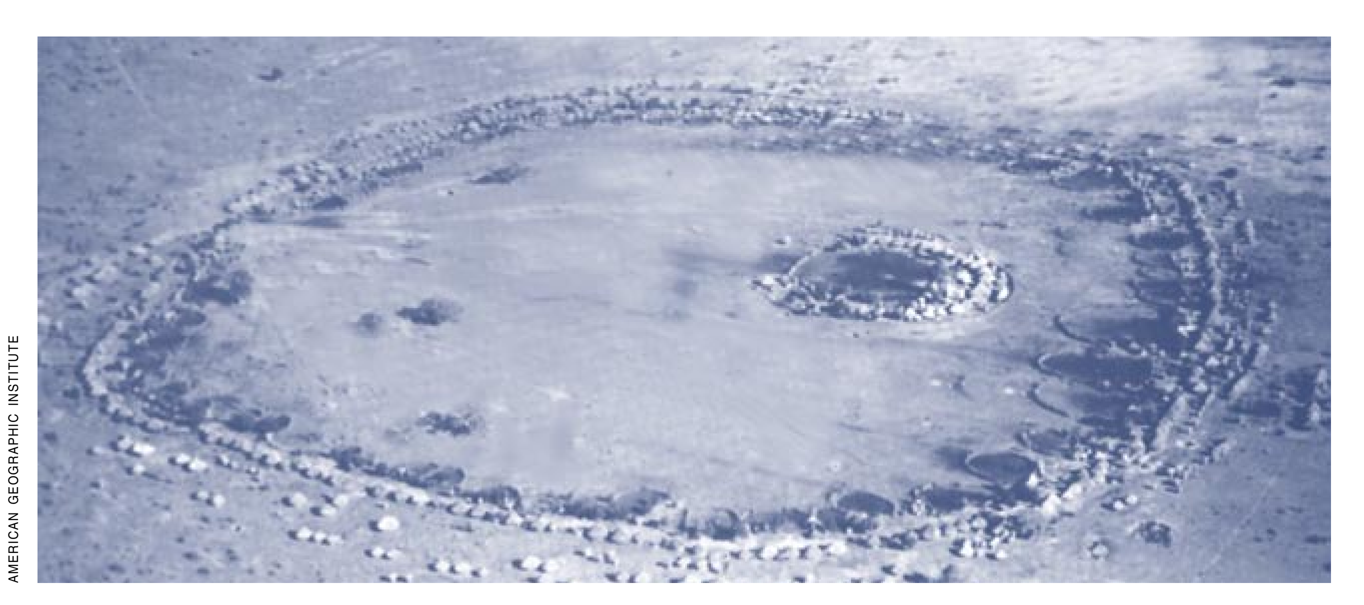


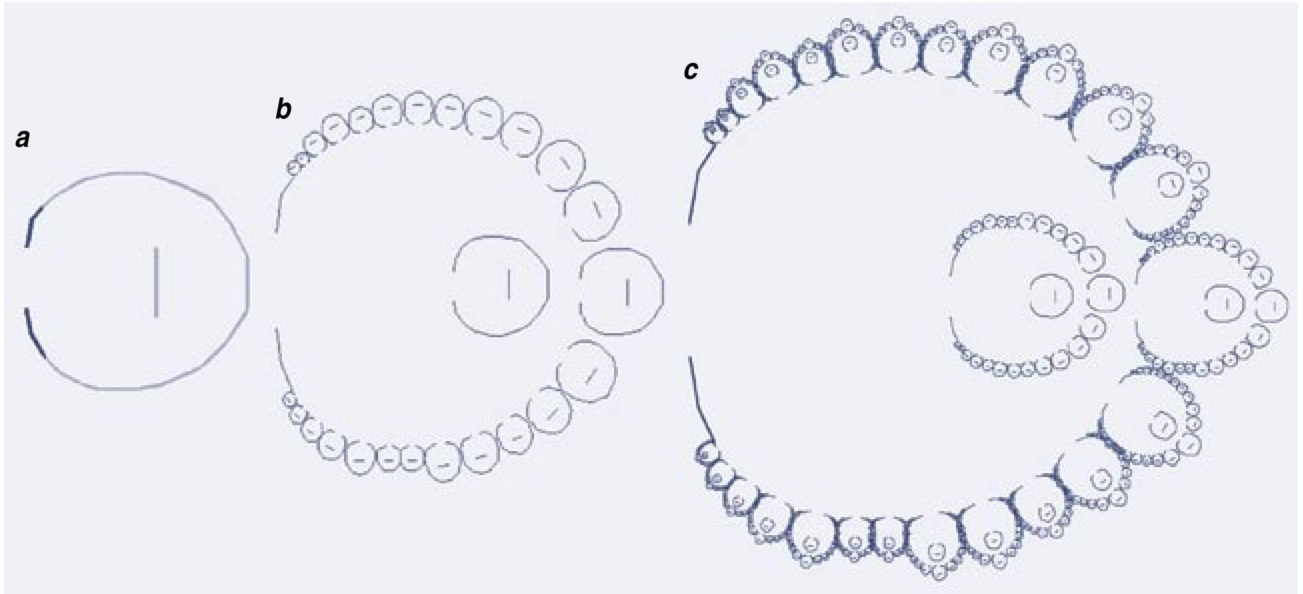




2. Sobre las cuatro partes coloreadas de los lados del rectángulo (*a*), se han construido otros cuatro rectángulos de idénticas proporciones (*rectángulos coloreados de la figura b*). El mismo procedimiento se aplica después a cada uno de los nuevos rectángulos. El resultado (*c*) es una "parrilla", formada por los lados de los rectángulos que se forman así. Se asemeja al plano del palacio real de Logone-Birni.

AMERICAN GEOGRAPHIC INSTITUTE





3. Vista aérea de un poblado Ba-ila. El motivo inicial (*a*) se repite sobre los segmentos que lo componen. La operación se repite de nuevo sobre las mismas zonas del motivo que se ha creado (*b*). El resultado (*c*) es similar a la vista de conjunto del poblado.

De Koch
a Helicobacter pylori

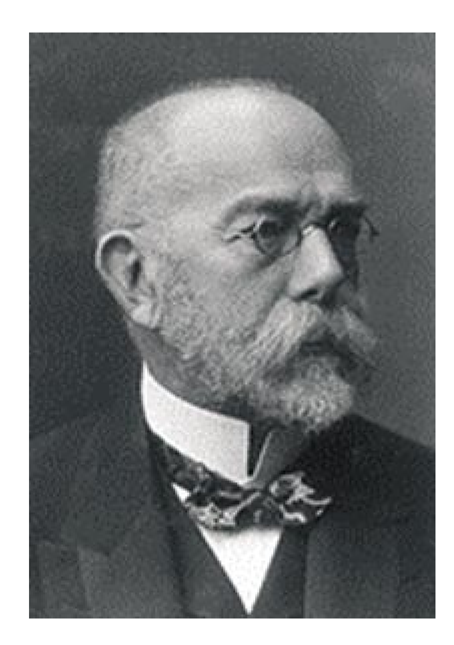
En 1905, el premio Nobel de Fisiología y Medicina se concedió a Robert Koch, uno de los padres de la microbiología y el descubridor del origen microbiano de las enfermedades infecciosas. Con sus estudios pioneros sobre la bacteria del carbunco (*Bacillus anthracis*) y, más tarde, sobre el bacilo de la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), Koch definió los criterios que permitían establecer una relación causal e inequívoca entre un determinado microorganismo y una patología concreta.

Los "postulados de Koch" dictaminan, en esencia, que para considerar a un microorganismo responsable de una enfermedad, debe: hallarse siempre presente en los individuos enfermos y nunca en los sanos, ser susceptible de aislamiento y cultivo en el laboratorio, reproducir el cuadro clínico de la enfermedad al inocularse en animales sanos y, por fin, poderse aislar de nuevo, conservando su identidad, a partir estos últimos.

A finales del siglo XIX y mediante la aplicación de estas sencillas reglas, los cazadores de microbios identificaron y aislaron una cifra notable de agentes etiológicos responsables de infecciones demoledoras; entre ellas, la peste, sífilis, difteria, tétanos, meningitis, fiebres tifoideas o disentería.

Un siglo después, y por trabajos que siguen la misma base conceptual, B. Marshall y R. Warren acaban de recibir idéntico galardón. Se les reconoce el descubrimiento de que la bacteria *Helicobacter pylori* constituye el microorganismo causante de la gastritis crónica y la úlcera gástrica y duodenal, actuando también como un potente carcinógeno, inductor del linfoma gástrico y otros tumores estomacales.

Desde su postulación en 1982, *H. pylori* ha venido siendo objeto de investigación. Conocemos ya la secuencia completa de su código genético, que presenta una notable variabilidad entre cepas. Se han desentrañado también algunos mecanismos responsables de su colonización y patogenicidad, como los implicados en la inducción de respuesta inflamatoria aguda o la producción de proteínas que le protegen de las defensas del huésped [*véase* "*Helicobacter pylori*", por Martin J. Blaser en INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, abril de 2005]. En la actualidad son objeto de atención preferente las señales que median la compleja interacción de la bacteria con las células del huésped, la función del sistema inmunitario y los hipotéticos efectos protectores de *H. pylori* frente a otras patologías esofágicas.



1. Robert Koch, laureado con el premio Nobel de medicina en 1905, demostró el origen microbiano de las enfermedades infecciosas.



2. Micrografía de *Helicobacter pylori*, agente causal de la gastritis y la úlcera de estómago. Por el descubrimiento de esta relación B. Marshall y R. Warren han recibido el premio Nobel de medicina de este año.

Como ha ocurrido con otros hitos científicos, la propuesta singular y herética de la relación de causa a efecto entre *H. pylori* y úlcera se vio inmersa en una fuerte controversia. Tal formulación subvertía la idea, firmemente arraigada en medicina, que atribuía el origen de las úlceras a factores de tipo nervioso, psicosomático o dietético que provocaban un exceso de acidez, síntoma clave de la patología. Para su tratamiento, se prescribían remedios que iban desde la administración de antiácidos, hasta la cirugía en los casos más graves. Sin embargo, al demostrarse el origen microbiano del trastorno, hubo que acudir a los antibióticos, procurando observar una terapia que asegurase la curación y previniera la aparición de resistencias.

La propia irrupción de la penicilina, la estreptomicina y los antibióticos, hacia mediados del siglo XX, hizo suponer erróneamente que se había logrado controlar y erradicar el grave problema de las septicemias debidas a gérmenes infectivos. Nada más lejos de la realidad, triste e irónicamente, la etiología de las enfermedades sigue gozando de muy buena salud. Recordemos sólo algunos ejemplos de patologías todavía prevalentes: la trágica pandemia del sida, la liberación creciente de cepas de tuberculosis multirresistentes, los contagios nosocomiales o la epidemia de gripe aviar.

Las enfermedades provocadas por seres microscópicos continuarán siendo una de las primeras causas de morbilidad y mortalidad. Los sistemas de vigilancia epidemiológica deberán mantener la guardia. Desde Koch hasta *Helicobacter pylori*, la investigación de la naturaleza microbiana de las patologías infecciosas ha recorrido un largo camino, sin que todavía se vislumbre el final. Ya lo vaticinó Louis Pasteur: "serán los microbios quienes tengan la última palabra".

JUAN CARLOS ARGÜELLES
Area de Microbiología
Universidad de Murcia

El síndrome de Fraser

Base genética

En 1962, G. R. Fraser publicó varios casos de un extraño y complejo síndrome malformativo, observado en dos familias en cuyo seno había varios hermanos con múltiples malformaciones congénitas; una de ellas, los párpados fusionados (criptoftalmos). Desde entonces se ha venido informando de casos similares en otras partes del mundo. Así se fue perfilando el criptoftalmos sindrómico, también llamado en honor del pionero "síndrome de Fraser".

Se presenta en forma de criptoftalmos, dedos de manos y pies fusionados casi en su totalidad (sindactilias cutáneas múltiples) y malformaciones en nariz, orejas, genitales y, aunque con menor frecuencia, riñones y laringe. En su mayoría, los afectados fallecen al poco de nacer o en los primeros meses de vida debido a las graves malformaciones; los que sobreviven, suelen padecer retraso mental. Es un síndrome de base genética que se transmite según una herencia autosómica recesiva. Una pareja con un hijo afecto tiene un 25 por ciento de probabilidades de que el síndrome se repita en sucesivos hijos o hijas.

La prevalencia del síndrome de Fraser se ha calculado en uno por cada 200.000 nacidos vivos. Esto significa que en España, donde la tasa anual de nacimientos se sitúa en torno a los 400.000, nacerían unos 2 casos al año. Sin embargo, las cifras reales podrían ser mayores, pues un gran número de estos niños fallecen antes, o al poco de nacer, por lo que muchos quedarían sin diagnosticar. (El diagnóstico se limita entonces a "feto polimalformado".) En algunas poblaciones con una tasa elevada de consanguinidad, la prevalencia del síndrome de Fraser es superior. Así ocurre entre la población gitana, cuya frecuencia decuplica la observada en la población general.

Los aspectos clínicos y patológicos del síndrome de Fraser se conocen desde hace largo tiempo. Más reciente es la determinación de ubicación en el genoma. El candidato a "gen del síndrome de Fraser", *FRAS1*, se ha localizado en el brazo largo del cromosoma 4, en concreto, en 4q21. Su mutación desencadena el síndrome.

Su determinación corrió a cargo de un proyecto internacional dirigido por el equipo de Peter Scambler, de la Unidad de Medicina Molecular del Instituto de la Salud Infantil de la Universidad de Londres. En él han participado un total de 13 expertos y varios centros de investigación: la Universidad de Creta, el Hospital de la Timone Marsella, la Universidad Clermont-Ferrand, la Universidad de Leeds, el Hospital St. Mary's de Manchester, la Universidad Saint-Joseph de Beirut, la Universidad de Queensland y el Hospital La Fe, de Valencia.

El estudio se ha basado en el análisis del ADN de nuestros pacientes, así como de otro que nació posteriormente en nuestro hospital de La Fe y que, a la postre, resultó el de mayor importancia para la investigación, ya que se trataba de una recién nacida hija de padres consanguíneos (tío y sobrina). La ubicación del gen se logró mediante el método de "autozigosidad", para el se requieren familias consanguíneas.

La localización del gen y el posterior estudio de su expresión pueden llevarnos a identificar algún tipo de tratamiento, pues se ha detectado que existe una relación entre el síndrome de Fraser y los efectos que producen en animales de experimentación los niveles bajos de vitamina A. Asimismo, se ha obtenido un modelo animal para estudiar este síndrome: el "ratón bl", un ratón mutante que presenta malformaciones semejantes a las del síndrome de Fraser. Gracias al ratón transgénico, se podrá investigar la expresión del gen y, por tanto, estudiar la fisiopatología del síndrome.

Una de las malformaciones que se asocia con más frecuencia a este trastorno es la agenesia/displasia renal que puede aparecer de forma aislada o asociada a diversos síndromes. El estudio del gen *FRAS1* arrojará luz sobre el mecanismo de producción de esta grave malformación renal.

La fusión de los párpados y de los dedos de las manos y los pies constituye la principal malformación asociada al síndrome de Fraser. Durante las primeras etapas del desarrollo embrionario, párpados y dedos permanecen fusionados; luego, estas estructuras se separan mediante un mecanismo biológico básico: la apoptosis (o muerte celular programada). Es este mecanismo el que fallaría en los individuos que padecen el síndrome. La caracterización del gen FRAS1 ayudará a entender mejor este importante mecanismo biológico.

Por fin, la localización genética de *FRAS1* permitirá realizar un diagnóstico prenatal mediante amniocentesis a las parejas que hayan tenido hijos con el síndrome. Se ofrecerá también un diagnóstico de portadores, que mejorará el asesoramiento genético de los afectos.

ANTONIO PÉREZ AYTÉS
Hospital Infantil La Fe, Valencia





1. Sindactilias múltiples en pies y manos.



2. Fusión de los párpados (criptoftalmos).

Sergio Rossi

¿Una especie, un ecosistema?



1. Playa de Boulder Beach, donde los pingüinos sudafricanos (*Spheniscus demersus*) nidifican y viven todo el año.

Hace tiempo que la controversia está servida: ¿Vale la pena proteger una especie (rinoceronte, tigre de Bengala o pantera de las nieves) e invertir una enorme cantidad de recursos para que sobreviva ante los profundos cambios provocados por el ser humano? La respuesta es compleja. Sin embargo, en numerosas ocasiones, la protección de una especie fuerza la conservación de un ecosistema entero.

Este es el caso del pingüino Jackass (*Spheniscus demersus*) o pingüino sudafricano (o "pingüino burro", porque los sonidos que emite parecen rebuznos). Este pingüino, endémico de Sudáfrica, corresponde a una de las pocas especies representantes del grupo de los pingüinos subtropicales. Lo mismo que el de las Galápagos y el de Nueva Zelanda, se halla en peligro de extinción. La presencia del ser humano, muy próximo a su hábitat, ha puesto a sus poblaciones al borde del hundimiento.

Perros y gatos importados por el hombre blanco, recolectores de huevos y algunos desaprensivos fueron los primeros agresores de este ser dócil y confiado. Se pasó de varios millones de ejemplares a finales de 1800 a menos de 100.000 en los años setenta y ochenta del siglo pasado. Repartidos entre playas e islas menos accesibles, su peor enemigo ya no era la acción directa del hombre o de sus animales domésticos, sino la indirecta: el deterioro de su hábitat. La sobrepesca de anchoa y otros peces pelágicos (su principal fuente de alimento) y los continuos accidentes y vertidos derivados del intenso tráfico marítimo de crudo agudizaron la situación de esta especie.

Sin embargo, el profundo cariño que este animal suscita entre los habitantes de Ciudad del Cabo y sus aledaños ha precipitado su conservación al más alto nivel: acciones para reducir la sobrepesca (y proteger así su fuente de alimentación), campañas para evitar los vertidos descontrolados y limpieza de aves impregnadas de petróleo. La protección de esta especie, que nidifica en la misma playa, se ha traducido en la conservación de amplias zonas donde moran también otros organismos autóctonos en claro estancamiento demográfico.

Quizá no constituya la mejor solución, pero la protección de una especie conlleva, en ocasiones, la supervivencia de otras que no despiertan tanto interés. Puede que los pingüinos de Boulder Beach estén abanderando la conservación de los aledaños de Ciudad del Cabo, una zona no exenta de agresiones ambientales.



2. Nidos de pingüino sudafricano excavados en la arena.



3. Pingüinos sudafricanos reposando en la arena de Boulder Beach.



4. Pingüino secando el plumaje al sol entre pesca y pesca. Antaño se contaban por decenas de miles a lo largo de esta costa.

CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

STUART L. PIMM Y CLINTON JENKINS

De la investigación sobre la distribución geográfica de la biodiversidad y sobre el riesgo de extinción de especies pueden extraerse planes de conservación eficaces y económicamente viables

Nos hallamos en una carretera sin asfaltar. Bajo la lluvia cálida, contemplamos unos pastos. Ocupan un espacio de 100 metros de ancho y un kilómetro de largo, entre dos manchas de bosque. Aquí, a unas pocas horas en coche de Río de Janeiro, nuestra generación tomará decisiones que afectarán a la conservación de la biodiversidad sobre la Tierra. Antaño, Brasil poseía más de un millón de kilómetros cuadrados de selva costera. En el diez por ciento que queda hoy, medra el mayor número de especies en peligro de extinción inmediata de América.

Nos acompaña Maria Alice Alves, de la Universidad estatal de Río de Janeiro. Vienen también el ganadero que desbrozó su bosque para convertirlo en pastos, guiado por un fin exclusivamente lucrativo, y un representante de una organización no gubernamental local que lucha por la recuperación del bosque. Los expertos podemos convencer a la comunidad internacional para que apoye este proyecto, pero son estos tres brasileños, en nombre de millones de conciudadanos, los que decidirán el equilibrio entre los intereses ganaderos y la gestión ambiental responsable.

Aquí, lo mismo que en todos los continentes y océanos, la Tierra corre el peligro de empobrecerse de forma irreversible. Nada puede recuperar las especies extinguidas. No existe ningún "Parque Jurásico". En otros lugares, ya es demasiado tarde. En las tierras montanas de Hawai, bajo una lluvia gélida, hemos buscado en vano aves con nombres (y picos) muy extraños. Al '*akialoa*, el '*o'u* y el *nukupu'u* se les vio por última vez hace decenios. Es probable que el *po'o uli* desapareciera mientras escribíamos este artículo.

Mas para percibir tales cambios no es necesario trasladarse a lugares tan remotos. La pesquería de reloj anaranjado (*Hoplostethus atlanticus*) se inició a principios de los ochenta del siglo pasado, pero se vino abajo al cabo de un decenio. La pesca ha reducido de forma masiva la mayoría de las principales poblaciones de peces en todo el mundo.

Lo alarmante de esta situación no reside tanto en la propia extinción —un proceso natural, que acaba tarde o temprano con la mayoría de las especies— cuanto en el ritmo acelerado en que se produce. Los fósiles y las trazas moleculares de los linajes evolutivos demuestran que las especies "marcan el paso" (nacen y mueren) a una escala de millones de años. (Las cinco extinciones en masa que eliminaron a los dinosaurios, los trilobites y otros organismos se consideran excepciones.)

A modo de comparación, fijémonos en el hombre. Vivimos unos 75 años. En una muestra de 75 personas, cabe esperar, pues, una muerte por año; en una muestra de siete personas, alrededor de una por decenio. Si la vida de una especie es del orden de un millón de años, lo "natural" sería que cada año se extinguiera una especie entre un millón. De forma equivalente, de las 10.000 especies conocidas de aves, cabría esperar que se extinguiera una cada siglo. En realidad, desaparece una especie cada *año*. La tasa real de extinción de aves tiene, pues, poco que ver con la natural; la centuplica.

Antinaturales son también las causas de la extinción de los animales y plantas más conocidos: la caza, la introducción de especies exóticas (ratas y malas hierbas, por ejemplo), la destrucción de hábitats (sobre todo) y otras intervenciones del hombre. Y todavía se avecinan otras

1. LA CONSERVACION DE ESTA PLUVISELVA costera cercana a Río de Janeiro y de otros enclaves críticos contribuiría sobremanera al mantenimiento de la biodiversidad del planeta.

TUI DE ROY *Minden Pictures*



amenazas de gran magnitud sobre la biodiversidad: por ejemplo, el calentamiento global.

Por razones que explicaremos más adelante, algunas especies resultan más vulnerables que otras. Y se hallan concentradas geográficamente. Las tasas de extinción se disparan cuando la actividad antropogénica afecta a tales concentraciones de vulnerabilidad. Por esa razón nos encontramos en un pasto brasileño o en un bosque nuboso hawaiano y no en un maizal de Iowa. Para conservar la biodiversidad, debemos ocuparnos de aquellos enclaves críticos. Ello plantea oportunidades, pero también dificultades. En su mayoría, se trata de zonas tropicales de países en vías de desarrollo.

¿Acaso no nos hemos desarrollado a medida que hemos ido agotando nuestros recursos naturales? Quizás estemos mejor así, a pesar de la pérdida de especies, o tal vez debido a ella. ¿Quiénes somos nosotros para negar el progreso a los países más pobres? Este razonamiento olvida que, con demasiada frecuencia, los países ricos no obtienen ningún beneficio de la destrucción de sus propios recursos. Más bien al contrario, pues, aunque no suelen ser conscientes de ello, pagan unos cuantiosos impuestos para subsidiar actividades destructivas desde el punto de vista ecológico. Perdemos naturaleza y dinero al mismo tiempo. Tampoco los países pobres escapan de la trampa. Si la pesquería local se hunde, se quedan sin su principal fuente de proteína, pues no pueden importar pescado procedente del otro confín del planeta. También ellos dependen de los servicios gratuitos que les proporciona el bosque: combustible, comida y agua.

Para conservar la biodiversidad, debemos primero identificar los enclaves críticos y luego protegerlos. Pero, ¿podemos comer y, a la vez, mantener la biodiversidad? Sí. ¿Acaso salvar especies requiere el retorno de la humanidad a un estilo de vida preindustrial? No. Los costes asociados a la conservación de la biodiversidad son enormes; también los beneficios.

ENCRUCIJADA PARA LA BIODIVERSIDAD

EL PROBLEMA:

- Las tasas de extinción de animales y plantas son mucho mayores de lo que cabría esperar a tenor de los datos fósiles y moleculares: se acercan a 1000 veces el valor “natural”. Debido a estas desapariciones, la Tierra corre el peligro de empobrecerse de forma irreversible.

EL PLAN:

- Para mantener la biodiversidad, debemos proteger los enclaves que albergan una mayoría de especies en peligro. Se han identificado 25 de estos “puntos calientes” en todo el globo y áreas de selva virgen.

Las fotografías de todo el artículo muestran especies raras procedentes de los puntos calientes del globo.



Loris grácil, Sri Lanka

MITSUAKI IWAGO *Minden Pictures*

Geografía de las extinciones antinaturales

Las tasas de extinción desmesuradas no son uniformes. El fenómeno se concentra en ciertas regiones críticas. Podría suponerse que las extinciones se registrarían allí donde hubiera mayor densidad de población humana y medrara un mayor número de especies; en expresión intuitiva: a mayor número de especies, mayor número de ellas en riesgo.

La realidad es otra. La actividad humana domina la parte oriental de Norteamérica y Europa, donde, en cambio, se registran pocas extinciones. La cifra de extinciones también es limitada en la cuenca del Amazonas, epítome de la biodiversidad. Por contra, los puntos negros de la extinción abarcan la mayoría de las especies insulares, los mamíferos de Australia, las plantas del cuerno austral de Africa y los peces de agua dulce de la cuenca del Mississippi y de los lagos de Africa Oriental.

Cuatro leyes biogeográficas describen estos patrones de distribución. Por recurrir a una metáfora simple y ajustada: la naturaleza ha creado una cantidad insólitamente grande de “huevos” (especies muy vulnerables), los ha colocado en un número reducido de cestos y ha situado a éstos allí donde está el peligro.

La tala de un bosque, el drenaje de un humedal, la represa de un río o la destrucción con dinamita de un arrecife de coral para matar a sus peces eliminan a las especies que presentan un área de distribución restringida con mayor prontitud que a las que gozan de una distribución más amplia. Según la primera ley biogeográfica, existe un gran número de especies vulnerables. En nuestra experiencia cotidiana, el “término medio” resulta común: en un grupo de personas, la mayoría tienen una altura en torno a la media. No ocurre lo mismo con las áreas de distribución de las especies: si fueran personas, la mayoría serían muy bajitas y habría sólo unos pocos jugadores de baloncesto, por mor de la variedad.

La segunda ley empeora todavía más la situación: las especies vulnerables que presentan un área de distribución restringida suelen ser localmente raras, lo que aumenta su vulnerabilidad. Según reza la tercera ley, el mayor número de especies se halla en las selvas tropicales… ecosistemas que se están destruyendo a un ritmo vertiginoso. La cuarta ley dice que la situación es aún peor: las especies vulnerables son endémicas de unas pocas selvas tropicales.

Estas leyes describen, pues, el patrón observado: la extinción tiene lugar allí donde los frentes de destrucción del hábitat (sobre todo la deforestación) coinciden con una concentración elevada de especies vulnerables.

LAS LEYES DE LA BIOGEOGRAFIA

Las leyes ecológicas resultan válidas en todo el globo y para numerosos grupos de especies. Cuatro de tales leyes describen la distribución geográfica de la biodiversidad.

LEY 1. El área de distribución de la mayoría de las especies es reducida; las especies de muy amplia distribución son escasas. Una de cada 10 aves, uno de cada seis mamíferos y alrededor de la mitad de los anfibios cuentan con una área de distribución menor que el estado de Connecticut (unos 13.000 km^2). La mayoría de las aves y los mamíferos, y casi todos los anfibios presentan un área de distribución inferior a los estados de California, Oregón y Washington juntos (unos 840.000 km^2). Cardenales, quíscalos, boyeros y otras aves comunes en América tienen un área de distribución excepcionalmente extensa.

LEY 2. Las especies con área de distribución reducida son localmente escasas. Un tercio de las aves con un área de distribución del tamaño de Connecticut son "raras" (se requieren varios días de observación para avistar un ejemplar). Sólo unas cuantas son "comunes" (se las encuentra con facilidad). Casi todas las especies con área de distribución del tamaño de Norteamérica son comunes.

LEY 3. El número de especies que se encuentran en un área de tamaño determinado presenta una gran variabilidad y depende de algunos factores comunes. Por ejemplo, el Artico alberga pocas especies; los trópicos, muchas.

LEY 4. Las especies con área de distribución reducida suelen hallarse concentradas geográficamente.

El número de especies de aves y anfibios, en un ejemplo de la Ley 3, varía en un factor de más de 100 entre las tundras del Canadá septentrional y las selvas amazónicas.

Ranita de cristal, América Central y del Sur

Las especies de área de distribución reducida no suelen medrar en regiones con un elevado índice de biodiversidad. En la Amazonia, por ejemplo, escasean. Los bosques a lo largo de la base de los Andes y en la costa de Brasil, en cambio, poseen un gran número de ellas, tal como sugiere la Ley 4. Un área de distribución se considera reducida cuando es inferior a la mediana para un grupo de especies.

Número de especies de aves
609
400
200
1

Número de especies de anfibios
131
100
50
1
0 especies

Número de especies de aves con área de distribución reducida
204
150
50
1
0 especies

Número de especies de anfibios con área de distribución reducida
22
20
10
1
0 especies

LOS DATOS SOBRE LAS AVES PROCEDEN DE NATURSERVE EN COLABORACION CON ROBERT RIDGELY, JAMES ZOOK, EL PROGRAMA DE AVES MIGRATORIAS DE LA ORGANIZACION PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA, EL CENTRO PARA LAS CIENCIAS APLICADAS DE LA BIODIVERSIDAD (CABS) DE CONSERVATION INTERNATIONAL, WORLD WILDLIFE FUND-U.S. Y EL PROYECTO WILDSPACE DE ENVIRONMENT CANADA; LOS DATOS SOBRE LOS ANFIBIOS PROCEDEN DE *GLOBAL AMPHIBIAN ASSESSMENT*, UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA Y LOS RECURSOS NATURALES (IUCN), CONSERVATION INTERNATIONAL Y NATURESERVE, 2004 HASTA 1 DE ABRIL DE 2005; HEIDI Y HANS-JUERGEN KOCH *Minden Pictures (ranita de cristal)*

Se estima que la mitad de las especies del mundo viven en unas 25 áreas tropicales, en su mayoría forestadas, donde la acción humana ya ha eliminado más del 70 por ciento de la vegetación natural. Esta combinación de concentración de especies vulnerables y tasas de destrucción del hábitat elevadas convierte a las áreas mencionadas en "puntos calientes" (según la nomenclatura de Norman Myers, de la Universidad de Duke). También en los océanos existen concentraciones similares de especies con un área de distribución restringida. Se registran en los arrecifes de coral, que, lo mismo que sus equivalentes terrestres, se hallan de lleno en el radio de la actividad del hombre.

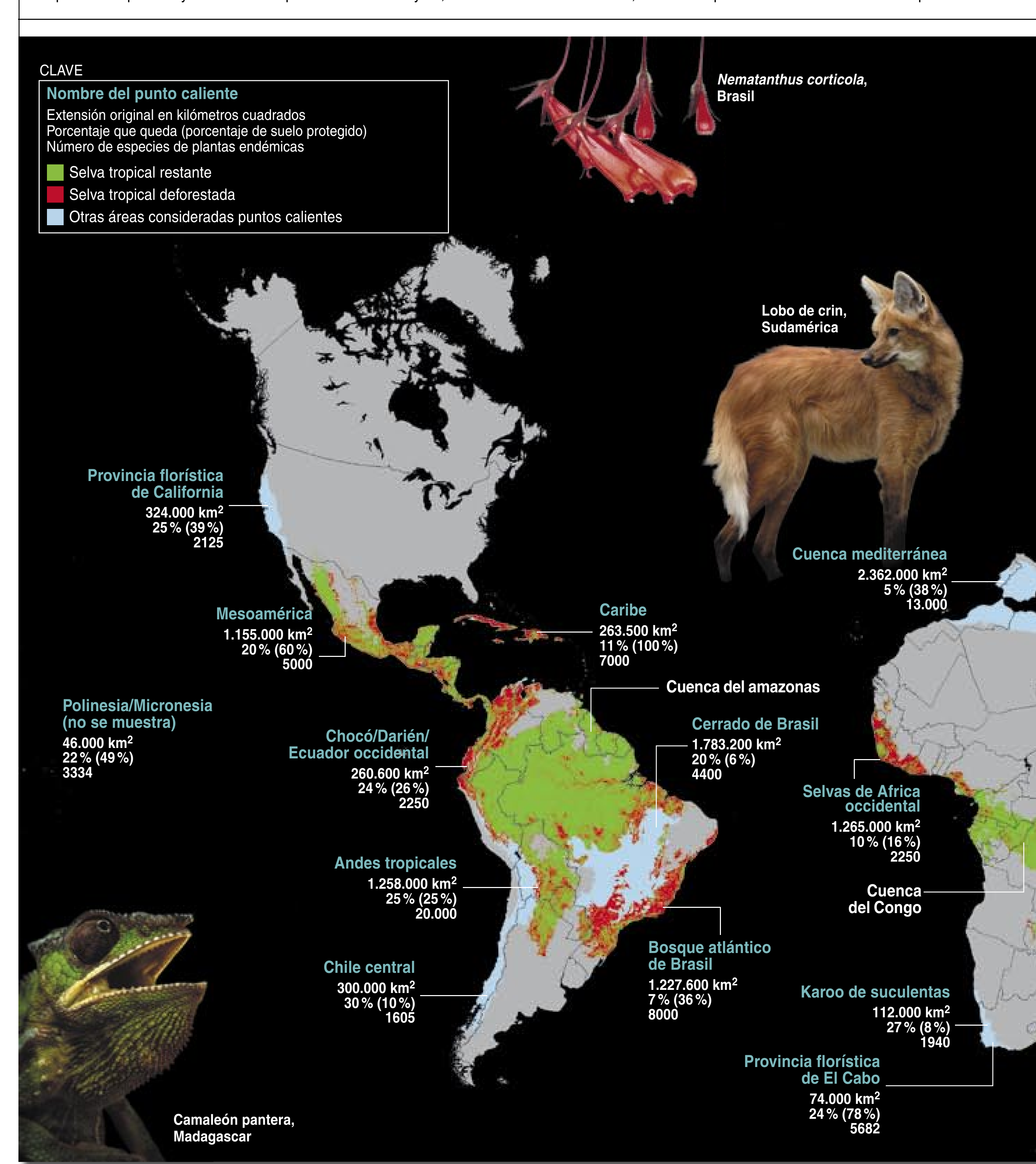
Quedan un número considerable de áreas vírgenes: selvas tropicales húmedas como las del Amazonas y el Congo, bosques más secos en Africa y bosques de coníferas en Canadá y Rusia. Si la deforestación en estos bosques vírgenes continúa al ritmo actual, la suma de la tasa de extinción anual en ellos y la de los puntos calientes pronto será 1000 veces superior al valor "normal" de "una especie entre un millón".

Soluciones para enclaves críticos

Una vez identificadas las áreas que requieren protección, habrá que abordar la ejecución y financiación de dicha tarea. Aunque parece obvio que la financiación

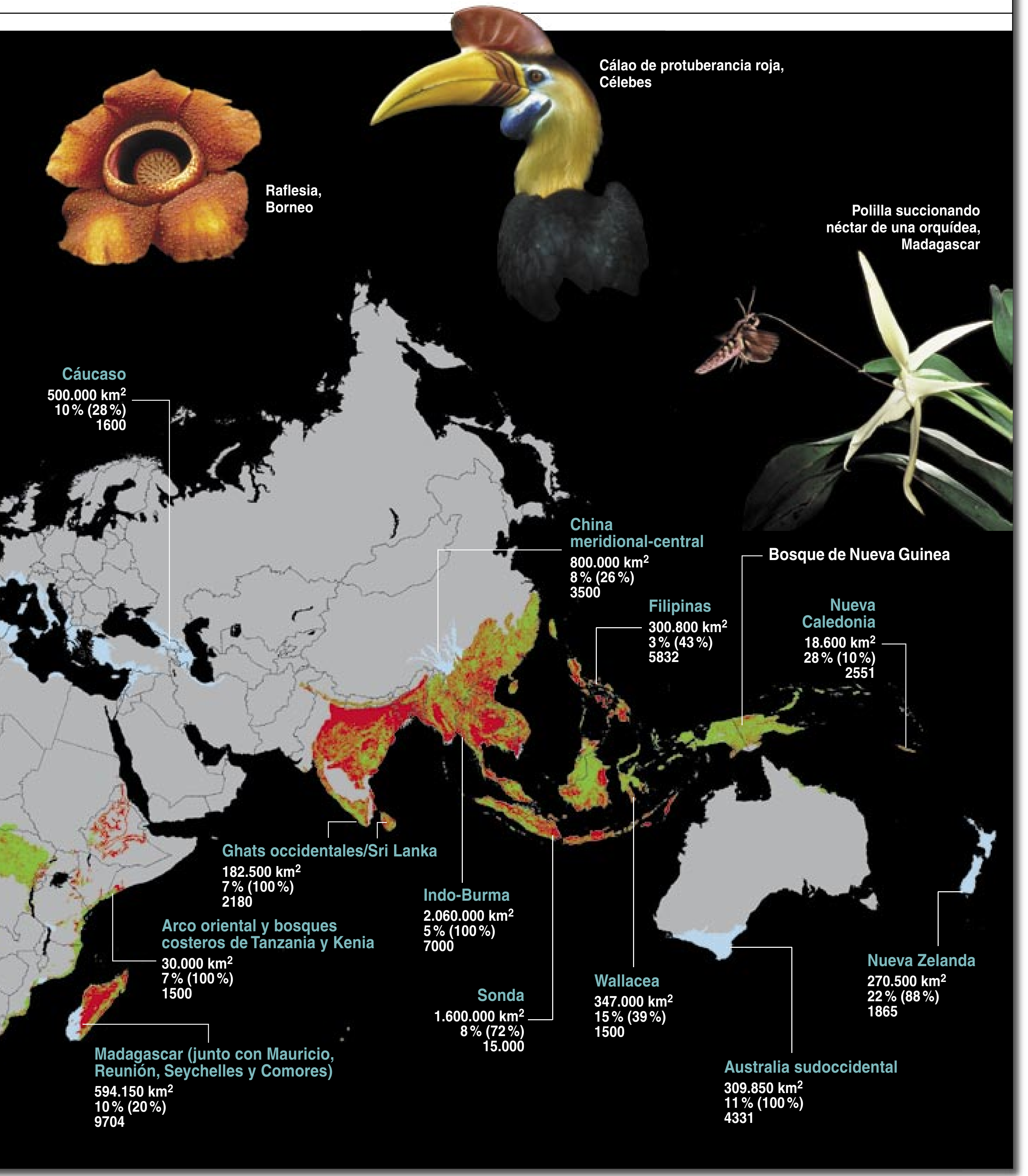
PROTECCION DE ENCLAVES CRITICOS

Las tres selvas tropicales que quedan en el mundo y 25 "puntos calientes" (*indicados en el mapa*) albergan la mayoría de las especies de plantas y animales del planeta. Norman Myers, de la Universidad de Duke, define los puntos calientes como áreas que

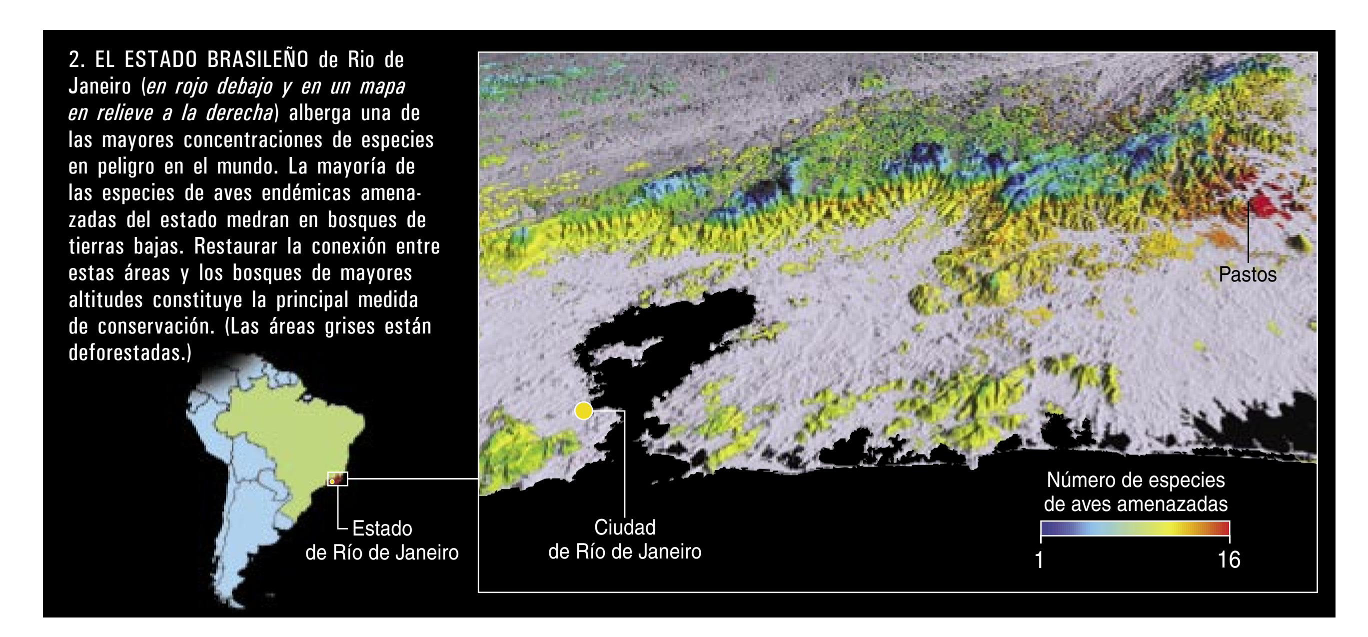


DATOS SOBRE LA SELVA TROPICAL EXTRAIDOS DE *THE GLOBAL 200: PRIORITY ECOREGIONS FOR GLOBAL CONSERVATION*, DE D. M. OLSON Y E. DINERSTEIN EN *ANNALS OF THE MISSOURI BOTANICAL GARDEN*, VOL. 89, N.º 2, PAGS. 99-125, 2002; DATOS DE LA CUBIERTA FORESTAL DE *THE GLOBAL LAND COVER MAP FOR THE YEAR 2000*, BASE DE DATOS GLC2000,

poseen un gran número de plantas endémicas y que han perdido al menos el 70 por ciento de su cobertura vegetal. La protección de estos lugares y las selvas tropicales que restan sustentaría la mayor parte de las especies al menor coste.



CENTRO DE INVESTIGACION CONJUNTA DE LA COMISION EUROPEA, 2002; DATOS SOBRE LOS PUNTOS CALIENTES DE NORMAN MYERS *Universidad de Duke;* FRANS LANTING *Minden Pictures* (*camaleón, raflesia y lobo*); W. WAYT THOMAS *Jardín Botánico de Nueva York* (*N. corticola*); MARK JONES *Minden Pictures* (*cálao*); MITSUHIKO IMAMORI *Minden Pictures* (*polilla*)



2. EL ESTADO BRASILEÑO de Rio de Janeiro (*en rojo debajo y en un mapa en relieve a la derecha*) alberga una de las mayores concentraciones de especies en peligro en el mundo. La mayoría de las especies de aves endémicas amenazadas del estado medran en bosques de tierras bajas. Restaurar la conexión entre estas áreas y los bosques de mayores altitudes constituye la principal medida de conservación. (Las áreas grises están deforestadas.)

DATOS SOBRE LAS ESPECIES DE AVES AMENAZADAS DE *ECOLOGICAL AND DISTRIBUTIONAL DATABASES*, POR T. A. PARKER III, D. F. STOTZ Y J. W. FITZPATRICK EN *NEOTROPICAL BIRDS: ECOLOGY AND CONSERVATION*, DE D. F. STOTZ, J. W. FITZPATRICK, T. A. PARKER III Y D. K. MOSKOVITS, UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS, 1996

provendrá de los países desarrollados, la solución resulta harto compleja. En su mayoría, las selvas vírgenes y los 25 puntos calientes fueron otrora colonias europeas. (Nueva Caledonia sigue siendo territorio francés.) Estos países, ahora independientes, no tienen por qué ver con buenos ojos el interés de la antigua metrópoli para “salvar” sus bosques, acostumbrados a considerarlos fuente de ingresos y no potenciales parques nacionales.

Es cierto que la venta de derechos de explotación forestal constituye una fuente de ingresos para los países pobres, pero la compensación económica tampoco es tan jugosa. En cambio, no es irrelevante el daño que la deforestación extensiva causa a las áreas naturales y a sus habitantes. ¿Qué les costaría a los grupos conservacionistas adquirir estos derechos de explotación forestal? Según los precios del mercado actual, el coste ascendería a unos 5000 millones de dólares para los cerca de cinco millones de kilómetros cuadrados de pluviselva que todavía permanecen vírgenes. Dada la cantidad de dinero privado que fluye hacia las organizaciones de conservación internacionales, no parece ésta una operación imposible.

Otros obstáculos dificultan la aplicación de alternativas a la explotación forestal en las regiones selváticas. Por ejemplo, un posible aumento del precio de los bosques paralelo al aumento de la fracción protegida de los mismos. Además, la tala ilegal está muy extendida. ¿Qué garantías hay de que los bosques seguirían protegidos? Indonesia, que posee la segunda reserva forestal en extensión, se halla en la cola de la lista de países libres de corrupción y registra un elevado índice de violación de los derechos de los pueblos indígenas que habitan sus bosques.

Los pueblos desplazados desbrozan la mayor fracción de las selvas tropicales menguantes. Algunos se hallan en esta situación porque se les obligó a abandonar sus explotaciones agrícolas; a otros les animó su gobierno, en un intento de buscar soluciones a la pobreza urbana. Por razones prácticas y éticas, no podemos pedirles que no talen el bosque. Si nosotros, los ricos, valoramos estos espacios naturales como bosques y no como pastos de ganado, habrá que encontrar una compensación económica para los países que mantienen íntegros sus bosques. Asimismo, debe asegurarse que la compensación llegue hasta las poblaciones de los linderos del bosque, quienes deciden a diario el destino del mismo. La conservación es, igual que la política, local.

Los retos que presentan las selvas vírgenes, apenas pobladas, difieren de los que comportan los puntos calientes, donde la densidad de población humana y el precio del suelo son harto superiores. ¿Podemos proteger lo que queda de ellos? Necesitaremos de mucho ingenio.

Fijémonos en los bosques costeros de Brasil. En colaboración con Alves y su equipo, hemos alcanzado una solución mixta que combina el conocimiento sobre la distribución de las especies con mapas obtenidos mediante satélite de la cubierta y la altitud de los bosques. Los bosques de mayor altitud sobreviven en bloques continuos y de gran tamaño. Su inaccesibilidad los protege; albergan pocas especies en peligro.

Nuestra preocupación se centra, pues, en los bosques de las tierras bajas. Poseen el mayor número de especies vulnerables y están fragmentados en retazos de tamaño reducido. La fragmentación constituye un problema, porque las poblaciones vulnerables de animales y plantas que habitan en cada porción pueden menguar hasta la extinción, si no entran inmigrantes ocasionales. La fragmentación impide asimismo que las especies se dispersen hacia hábitats más frescos ladera arriba, migración que puede resultar necesaria debido al calentamiento global.

Restaurar el bosque en los intervalos entre masas forestales de tierras bajas, pensemos en los pastos para el vacuno, constituye una labor eficaz, amén de económica merced a la limitada extensión de la superficie implicada. Trabajamos con científicos de la región y a instancias de organizaciones locales; la colaboración de los agentes del lugar resulta determinante. Los países con alto índice de biodiversidad carecen de expertos suficientes que adapten el problema de la pérdida de especies a su particular idiosincrasia (economía, sistema político, creencias religiosas y culturales, etcétera). No puede esperarse que las áreas naturales permanezcan intactas

a menos que conservacionistas locales y bien preparados resuelvan con acierto las inevitables disputas sobre el uso de los recursos naturales de su país.

Incentivos para la conservación

¿Por qué no habría Brasil de talar la selva amazónica para recoger los beneficios que antaño obtuvieron los EE.UU. de la explotación de sus bosques? De hecho, Brasil cuenta con un ambicioso plan, Avança Brasil, para acometerlo.

Pero tal equiparación resulta, de entrada, engañosa. A diferencia del suelo de los bosques templados, el suelo de los bosques húmedos se caracteriza por una pobreza extrema. Se han deforestado, en total, unos siete millones de kilómetros cuadrados de bosque tropical húmedo, cerca de la mitad de su extensión original. Debido a la pobreza del suelo y a prácticas agrícolas derrochadoras, sólo dos millones de kilómetros cuadrados se han convertido en cultivo. El resto resulta inutilizable: infestado de malas hierbas no comestibles e incapaz de alimentar a más allá de unas contadas de cabezas de ganado, sea éste vacuno o caprino. Los calveros de lo que fue un tiempo bosque y ahora permanece yermo rechazan con contundencia las tesis de quienes proclaman que la tala de bosques es sinónimo de bonanza económica.

En segundo lugar, la destrucción de los recursos naturales no fomenta el desarrollo de una región, sino que promueve su retraso. Así sucedió en Estados Unidos. La represa y canalización de la mayoría de los ríos se han convertido en una pesada carga fiscal para el contribuyente. Una serie monumental de diques y malecones han destrozado los Everglades, los extensos humedales del sur de Florida, para facilitar el cultivo de caña de azúcar en los humedales desecados. El mantenimiento de la producción nacional de azúcar tiene para los estadounidenses un coste notable: pagan unos 1000 millones de dólares más de lo que les costaría comprarlo en el mercado mundial. A esta factura hay que añadir los gastos derivados de la construcción y el mantenimiento de malecones y diques, la reducción de la contaminación y la subvención de los impuestos sobre la propiedad. Debe contabilizarse también un plan de restauración de los Everglades de 10.000 millones de dólares, que financia la futura distribución de agua al sur de Florida; en su primer cuarto de siglo de operación, proporcionará escasos, o nulos, beneficios a los Everglades.

La pesca ofrece otro ejemplo. Las subvenciones públicas han conseguido que el pescado llegue a valer menos de lo que en realidad cuesta obtenerlo. En su libro *Perverse Subsidies*, Myers y Jennifer Kent citan un precio de mercado para la pesca estimado de 70.000 millones de dólares en 1989. Capturar el pescado costó 124.000 millones, y ello sin contar subsidios adicionales aportados por administraciones locales.

La propia naturaleza vendría a ser la otra cara de esta moneda: los "servicios" que proporciona son de vital importancia, pero están infravalorados. En el reciente informe sobre la Evaluación Ecosistémica del Milenio aparecen citados en una larga lista: alimento, agua, leña, plantas medicinales, variedades silvestres de plantas cultivadas, prevención de inundaciones y regulación del clima, entre otros. A todos estos valores se añaden los beneficios recreativos, estéticos y culturales que un país debe tomar en consideración antes de decidir si vale la pena talar un bosque.

Las naciones ricas podrían apoyar la decisión de conservar un bosque mediante la extensión del sistema de compensación de cuotas de emisión de dióxido de carbono (acordado en Kyoto) a los países en vías de desarrollo. Según la Comisión Intergubernamental sobre el Cambio Climático, las alteraciones en la utilización del suelo, de las que la tala de bosques es la principal, producen una cuarta parte de las emisiones globales de dióxido de carbono. Un mercado internacional de carbono podría ofrecer incentivos a la conservación de bosques y evitar así su transformación en pastos.

El ecoturismo ofrece otro incentivo de alcance internacional. Las selvas tropicales, los arrecifes coralinos y los humedales —de hecho, toda la gama de lugares en los que medran especies vulnerables— resultan fascinantes precisamente por esta razón. El ecoturista suele aventurarse a lugares alejados de la capital de un país y de cualquier rastro de civilización. En la remota aldea del noroeste de Madagascar donde trabaja nuestro grupo, la renta media es inferior a 1 dólar diario. El dinero que los turistas pagan para visitar el parque nacional cercano, comer en un restaurante local y acampar es irrisorio según los estándares internacionales; a escala local, en cambio, constituye un poderoso incentivo para evitar la quema del bosque y de los lémures que viven en su interior.

Proteger la biodiversidad, ya sea en selvas remotas o en los puntos calientes continentales y oceánicos, resulta factible. Las medidas que deberían tomarse son económicas; muchas aportan beneficios a la comunidad local. La aplicación de estas medidas está en manos de nuestra generación. Para cuando la siguiente tenga la oportunidad de decidir, podría ser demasiado tarde.

FRANS LANTING *Minden Pictures*

Los autores

Stuart L. Pimm y **Clinton Jenkins** trabajan en la Facultad Nicholas de Ciencias de la Tierra y del Ambiente de la Universidad de Duke. Se dedican a la ecología de la conservación. Mediante el estudio de extinciones en el pasado y su comparación con la situación y las tendencias actuales, abordan métodos para evitar extinciones futuras. Jenkins se ha especializado en el uso de SIG (sistemas de información geográfica) y técnicas basadas en sensores remotos para la elaboración de mapas de biodiversidad y de riesgos de extinción.

Bibliografía complementaria

PERVERSE SUBSIDIES: HOW TAX DOLLARS CAN UNDERCUT THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY. Norman Myers y Jennifer Kent, Island Press, 2001.

THE WORLD ACCORDING TO PIMM: A SCIENTIST AUDITS THE EARTH. Stuart L. Pimm. McGraw-Hill, 2001.

ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING: SYNTHESIS REPORT (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). Island Press, 2005.

AGRICULTURA
DEL TERCER MUNDO

PAUL POLAK

Mediante sistemas de riego baratos y el cultivo de productos de interés comercial, los agricultores de los países en vías de desarrollo podrían aumentar la producción y salir de la pobreza

Peter Mwete, zimbabwés de rostro anguloso y unos 20 años de edad, estaba arrancando las malas hierbas de su huerto en el núcleo rural de Marimari cuando lo conocí en 2002. La parcela, de unos 100 metros cuadrados, estaba cercada por una valla de dos metros de altura: robustos tallos de arbustos clavados a modo de estacas y unidos por una alambrada que impedían el acceso a los animales, salvajes y domésticos. Peter vivía con su padre y un hermano de 19 años. Su madre había muerto de sida; su hermano también se estaba muriendo. ¿Cómo podría alimentar a su familia y ganarse la vida con menos manos para trabajar? Para salir de su particular encrucijada, Peter había instalado un económico sistema de riego por goteo propulsado por la gravedad, que le suministró Empresas de Desarrollo Internacional (IDE), la organización que fundé en 1981.

La parcela de Peter constaba de ocho arriates elevados, donde cultivaba colza, repollo y maíz. En mitad de cada arriate, una conducción móvil de goteo traía el agua procedente de un depósito de plástico de 40 litros colocado encima de una estructura de madera. Al llevar el agua directamente a las raíces, este sistema superaba en eficacia el riego con cuba. Como resultado, la pequeña parcela producía suficiente maíz y hortalizas para cubrir las necesidades de la familia; con la venta del excedente, Peter esperaba ganar al menos 90 dólares (beneficio considerable para un agricultor en Zimbabwe). De cara al año siguiente, pensaba duplicar el tamaño de su huerto y triplicar las ganancias reemplazando algunas de las verduras de hoja por tomates, patatas irlandesas y otros cultivos de mayor valor comercial. Para incrementar la productividad, planeaba también abonar el suelo. Dado que los fertilizantes eran demasiado caros, pensaba sumergir un saco de arpillera lleno de estiércol de vaca en un recipiente con agua, para aplicar luego esta "infusión de estiércol" a las raíces mediante el sistema de goteo.

En el transcurso de los tres últimos decenios, he conocido a miles de pequeños agricultores de países en vías de desarrollo. Sus avatares coinciden de forma sorprendente con los de Peter. Mediante el cultivo intensivo de 1000 metros cuadrados de plantaciones de frutas y hortalizas incrementan sus ganancias hasta los 500 dólares anuales. Sin embargo, necesitan mejores técnicas de cultivo, sistemas de riego y acceso a los mercados. Su lucha forma parte de un reto global: en 2050, los agricultores del planeta tendrán que alimentar a nueve mil millones de personas (tres mil millones más que la población actual), sin que pueda apenas aumentar el suelo roturable y el agua de riego.

El agua constituye un recurso clave para el incremento de la producción agrícola y el alivio de la pobreza: se necesitan casi 1000 litros de agua para cultivar un kilogramo de cereal. Debemos, pues, embalsar un mayor volumen de agua para riego y mejorar la gestión de las reservas disponibles.

Hasta ahora, los gobiernos y agencias de desarrollo han abordado el problema con proyectos a gran escala: presas gigantescas, extensos canales de riego y enormes plantaciones de cultivos de alto rendimiento, introducidos durante la revolución verde. (Se denomina "revolución verde" a la conjunción de programas de mejora vegetal y prácticas agrícolas basadas en la agroquímica y la mecanización que, a comienzos de la segunda mitad del siglo pasado, logró

1. UN SISTEMA DE RIEGO BARATO constituye la clave para aliviar la pobreza rural y el hambre en los países en vías de desarrollo. En el estado indio de Maharashtra, los agricultores riegan sus girasoles y hortalizas mediante un económico sistema de goteo propulsado por la gravedad.



KEN BROWN (*fotomontaje*); INTERNATIONAL DEVELOPMENT ENTERPRISES (*fotografía*)

un aumento espectacular de la productividad agrícola en los países en vías desarrollo.)

Los sistemas de riego tradicionales, sin embargo, conducen a menudo a la degradación del suelo; los embalses se llenan fácilmente con detritos, reduciéndose su capacidad y privando a los agricultores, curso abajo, de sedimentos fértiles. Además, a pesar de que con la revolución verde aumentaron por doquier las cosechas desde 1950, la pobreza persiste de forma tenaz en Africa, Asia e Iberoamérica.

Las mejoras en la productividad de las grandes explotaciones quizá constituyan el principal factor de potenciación del suministro global de alimentos, pero los programas de reducción de la pobreza resultarían más eficaces si se concentraran en acciones locales; por ejemplo, proporcionar sistemas de riego baratos a los pequeños agricultores.

La bomba a pedales

De entre todas las actividades humanas, la que deja una huella más profunda en el planeta es la agricultura. Alrededor del 70 por ciento del agua desviada para consumo humano se destina a usos agrícolas; otro 19 por ciento va a la industria, un 9 por ciento a los hogares y el resto se evapora en los embalses. A la revolución verde debemos el aumento de la superficie de regadío: de los 100 millones de hectáreas en 1950 ha pasado a los 276 millones actuales. El consiguiente incremento de las cosechas provocó una bajada en el precio de los alimentos, que contribuyó a la reducción de la pobreza entre los que practicaban una agricultura de subsistencia y los que vivían en la ciudad. Un efecto que, sin embargo, se vio contrarrestado por el crecimiento de la población.

Entre 1990 y 2001, el número de personas en situación de pobreza extrema (que sobreviven con menos de 1 dólar al día) en todo el mundo descendió desde los 1220 hasta los 1090 millones, pero el número de los que ganaban menos de 2 dólares diarios aumentó de 2650 a 2740 millones. La peor situación se vivió en el Africa subsahariana: la población en estado de extrema pobreza pasó de 227 a 313 millones.

La revolución verde se diseñó para incrementar la producción global de alimentos, no para mejorar la renta de la población rural pobre. No debería sorprender, pues, que tal revolución no erradicara ni la pobreza ni el hambre. Durante 15 años, la India ha producido alimento suficiente para autoabastecerse; sus graneros están llenos. Sin embargo, más de 200 millones de indios (una quinta parte de la población) sufren malnutrición debido a que no pueden comprar la comida que necesitan y a la deficiencia de las redes de protección. En 2000, 189 naciones se comprometieron a trabajar para el cumplimiento de las Metas de Desarrollo del Milenio, que pretenden reducir a la mitad la pobreza mundial para el 2015. No obstante, si no se cambia el modelo de desarrollo actual, esas metas resultarán papel mojado, no importa con cuánto dinero los países ricos ayuden a los pobres.

En la opinión de Norman Borlaugh, premio Nobel de la paz en 1970 por sus contribuciones a la revolución verde, la verdadera erradicación del hambre en el mundo no llegará mientras no se acometa una revolución en los sistemas de producción agrícola que afecte, sobre todo, a los agricultores de subsistencia de los países en vías de desarrollo: el envío de alimentos de los países ricos a los pobres en casos de emergencia resulta necesario, pero constituye una solución sólo a corto plazo. Ello no sólo incrementaría el abastecimiento de alimento, sino que, además, crearía empleo y generaría beneficios extra derivados de la comercialización de los excedentes.

Quizá la revolución verde, movida por el aumento de la producción, no ayude a los agricultores de subsistencia, que luchan por competir en el mercado global. La superficie media de una parcela familiar es inferior a 1,6 hectáreas en la India, de 0,7 hectáreas en Bangladesh y de 0,2 hectáreas en China. Las cosechadoras y otras máquinas agrícolas modernas resultan demasiado caras para usarlas en áreas tan reducidas. Un agricultor indio que venda el excedente de trigo cultivado en su parcela de media hectárea no podría competir con las plantaciones de trigo canadienses, de gran eficiencia productiva, subvencionadas y de miles de hectáreas de extensión.

ENCRUCIJADAS PARA LA AGRICULTURA Y EL AGUA

EL PROBLEMA:

- Con la revolución verde creció la producción mundial de cereales. Pese a ello, el hambre y la pobreza siguen azotando sin piedad a Africa, Asia e Iberoamérica. Los campesinos que cultivan franjas marginales no producen alimento suficiente para mantener a su familia.
- Sólo en el Africa subsahariana, más de 300 millones de personas sobreviven con 1 dólar al día o menos. En la India, más de 200 millones de personas sufren malnutrición.

EL PLAN:

- La mejora de la productividad de las grandes explotaciones agrícolas aumentará el suministro global de alimentos; para reducir la pobreza, en cambio, debe actuarse a escala local y mejorar la situación de los pequeños agricultores.
- Los sistemas de riego individual que emplean un equipamiento barato (tuberías de goteo y tanques) aumentan el rendimiento de los huertos. Mediante el cultivo de tomates, pimientos y otras variedades de alto valor comercial, los campesinos incrementan sus beneficios en hasta 500 dólares al año.

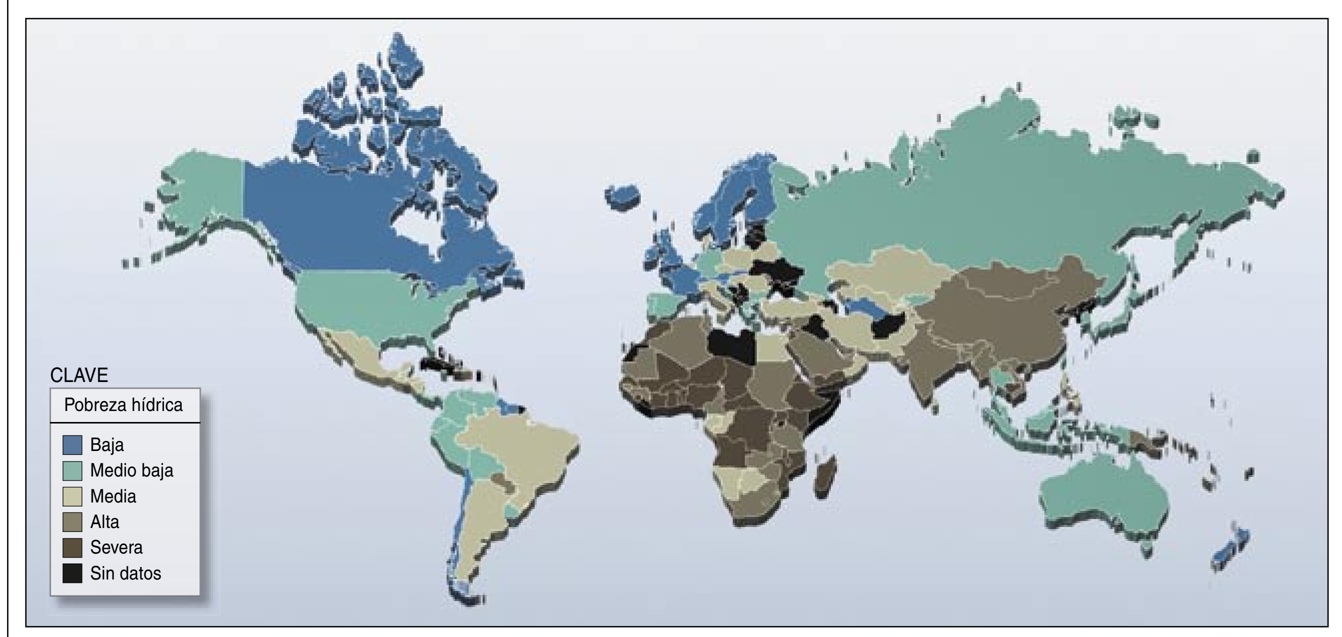


Cultivo de hortalizas de interés comercial

IDE

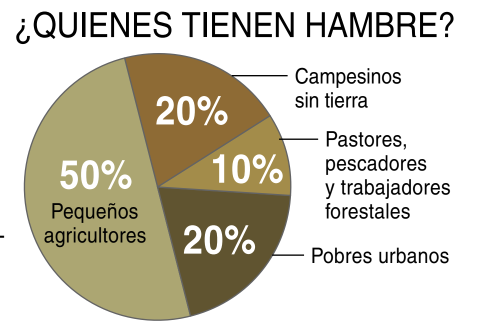
AGUA Y POBREZA

Al ser el agua tan vital para la agricultura, su carencia se ha convertido en una de las principales causas de pobreza en los países en vías de desarrollo. En el Centro para la Ecología y la Hidrología de Wallingford, han elaborado un estudio donde se ponen de manifiesto los efectos de la escasez de este recurso natural. Para su realización se combinaron los datos acerca de la disponibilidad y acceso al agua con información sobre el uso y la calidad de la misma. La mayoría de los países con índice de pobreza hídrica elevado se encuentran en el Africa subsahariana, pero la situación es grave también en China, la India y Bangladesh.



LA ESCASEZ DE AGUA se cobra su mayor peaje con los pequeños agricultores, muchos de los cuales a duras penas se ganan la vida, en áreas semiáridas alejadas de pozos o depósitos. Alrededor de la mitad de la población hambrienta del planeta corresponde a pequeños agricultores; otro 20 por ciento a campesinos "sin tierra" que viven en regiones rurales.

¿QUIENES TIENEN HAMBRE?





BRYAN CHRISTIE DESIGN; FUENTE: C. A. SULLIVAN Y J. R. MEIGH *Centro de Ecología e Hidrología (mapa)*; JEN CHRISTIANSEN *(gráfica)*; IDE *(fotografía)*

La única ventaja que podría disponer para competir en el mercado del cultivo intensivo sería el contar con los costes laborales más bajos del mundo.

Cuando, en 1981, conocí a Abdul Rahman, agricultor del distrito Noakhali de Bangladesh, comprendí la necesidad de las acciones locales. En sus parcelas de un tercio de hectárea de cultivo de arroz, regadas por la lluvia, Abdul obtenía sólo 700 kilogramos de arroz cada año (300 kilos menos de lo que necesitaba para alimentar a su familia). Durante los tres meses previos a la cosecha de octubre, a Abdul y su esposa no les quedaba más remedio que cruzarse de brazos mientras sus tres hijos sobrevivían con una comida al día o menos. Sabía que, para salir de la pobreza, necesitaba un sistema (barato) que le permitiera controlar el riego de sus cultivos.

Poco después me enteré de un invento sencillo que podía ayudar a Abdul: la bomba a pedales. Desarrollada a finales de los años setenta del siglo pasado por Gunnar Barnes, un ingeniero noruego, la bomba la maneja una persona caminando sin moverse de su sitio sobre un par de pedales fabricados con bambú o cualquier otro material disponible en el lugar. El artilugio irriga un quinto de hectárea de hortalizas y cuesta sólo 25 dólares (incluido el coste de perforación para el tubo que penetra en la capa freática).

Abdul supo de la bomba a pedales por un primo. Fue uno de los primeros agricultores bangladesíes en comprarla. Un tío le prestó los 25 dólares. Cuatro meses después ya se los había devuelto. Durante los cinco meses de la estación seca, cuando en Bangladesh apenas se trabaja la tierra, Abdul utilizó la bomba a pedales para cultivar un quinto de hectárea de pimientos, tomates, repollo y berenjenas. El nuevo sistema de riego le permitió también aumentar la producción de uno de sus arrozales. Parte de la cosecha de hortalizas sirvió para alimentar a su familia; el resto lo vendieron en el mercado local, obteniendo unos beneficios netos de 100 dólares. Con sus nuevos ingresos, Abdul compró arroz para su despensa, mantuvo a sus dos hijos varones en la escuela hasta los

16 años y ahorró dinero para la dote de su hija. Cuando le volví a visitar en 1984, había duplicado la superficie de su huerto y reemplazado el techo de paja de su casa por otro de hojalata ondulada. Su familia estaba criando un ternero y aves de corral. Consideraba un auténtico regalo divino la bomba a pedales.

A escasos metros de profundidad del suelo hay en Bangladesh un potente acuífero, que convierte el terreno en idóneo para la aplicación de la bomba a pedales. En los primeros años ochenta, la IDE inició una campaña de comercialización de este sistema de riego: 75 pequeñas empresas privadas se hicieron cargo de la fabricación, varios millares de comerciantes locales se encargaron de la venta y perforadores de pozos se ocuparon de la instalación. En el transcurso de los 12 años siguientes, un millón y medio de familias campesinas compraron bombas a pedales. Aumentaron así los ingresos netos de los agricultores en un total de 150 millones de dólares anuales. La campaña comercial costó a la IDE sólo 12 millones de dólares, que los 37,5 millones de dólares invertidos por los propios campesinos superaron con creces. Por mor de comparación, la construcción de una presa y canales de riego para un área de cultivo equivalente hubiera costado unos 5000 dólares por hectárea, es decir, unos 1500 millones de dólares.

En términos de reducción de la pobreza, la bomba a pedales ha resultado superior a los sistemas de riego técnicamente más avanzados. En una iniciativa que dio comienzo en los años setenta, el Banco Mundial concedió préstamos a bajo interés que facilitaron al gobierno de Bangladesh la importación de bombas diésel para pozos tubulares, una técnica usada en Nebraska para extraer agua del acuífero Ogalala. Cada equipo costaba 15.000 dólares e irrigaba 18 hectáreas. El gobierno los puso a disposición de los agricultores sin coste alguno. Mediante otro programa de préstamos, se importaron 10.000 bombas diésel para pozos poco profundos; cada uno costaba 900 dólares y regaba unas cinco hectáreas. Según los informes bancarios, el programa fue un éxito, pues mejoró el nivel de autoabastecimiento de arroz de Bangladesh. Sin embargo, cuando las subvenciones del gobierno cesaron, los agricultores abandonaron la mayoría de los pozos profundos debido a su elevado coste de mantenimiento. Los pozos de escasa profundidad, en cambio, persistieron entre los agricultores ricos y con mayor superficie de cultivo, que se convirtieron en "señores del agua" y dejaron fuera a un gran número de pequeños agricultores.

RIEGO A PEQUEÑA ESCALA

1.500.000

Agricultores de Bangladesh que han comprado bombas a pedales

49,5 millones de dólares

Inversión total en las bombas

150 millones de dólares

Incremento total en los beneficios anuales de los agricultores

1500 millones de dólares

Coste de la irrigación de la misma superficie agrícola mediante presas y canales

El coste por hectárea regada era de 927 dólares para las bombas diésel de profundidad, 329 dólares para las bombas diésel empleadas en aguas poco profundas y sólo 163 dólares para las bombas a pedales; de esta cuantía, 50 dólares procedían de los agricultores. Las bombas a pedales ofrecían, además, mayores ganancias y menor coste ambiental. Una solución similar urge ahora para resolver el problema del arsénico que contamina (de forma natural) los acuíferos de Bangladesh.

Un gran número de bangladesíes están dispuestos a pagar —y pueden permitírselo— siete dólares por un filtro casero que elimina el arsénico del agua potable. Por tanto, la solución obvia consistiría en encontrar empresas privadas que se encargaran de la distribución del filtro y subvencionar la compra del mismo a quienes no puedan costearla. (La delegación de IDE en Bangladesh está promocionando el filtro en la actualidad.) Sin embargo, el gobierno y la comunidad de donantes siguen apostando por sistemas centrales de conducción de agua y otras infraestructuras a gran escala que en el pasado no resultaron eficaces en Bangladesh.

Gota a gota

Los pozos y los embalses resuelven el problema sólo a medias; los agricultores necesitan también mejorar la distribución del agua en sus cultivos. En su mayoría, las tierras de regadío de los países en vías de desarrollo dependen todavía de los mismos métodos de riego por inundación que vienen operando, de forma ineficaz, desde hace siglos. Como resultado, millones de hectáreas de tierra cultivable se han perdido anegadas o por salinización y explotación excesiva de los acuíferos. Los campesinos más pobres se enfrentan a un problema adicional: muchos explotan terrenos marginales en áreas semiáridas. Algunos tienen limitado el acceso al agua superficial o a los pozos; otros dependen totalmente de la lluvia. El riego por goteo, uno de los sistemas que mejor optimizan el consumo de agua, sería de gran utilidad para ellos, pero exige instalaciones grandes, complejas y caras.

En 1992 visité un pueblo de la sierra nepalesa, Madan Pokhara, donde los cultivos se regaban mediante aspersores alimentados por pequeñas balsas. Cuál fue mi decepción cuando me enteré de que cada uno de estos equipos de aspersión, que abastecía a tres agricultores, costaba 1000 dólares. Debía hallarse el modo de abaratarlo. Descubrí que una de cada dos viviendas del pueblo obtenía el agua para lavar de un pequeño tubo de plástico fijado a un arroyo que pasaba por arriba de



2. LAS BOMBAS A PEDALES cuestan sólo 25 dólares. De aquí su éxito entre los pequeños agricultores indios y bangladesíes. Una familia que se sirva de esta bomba para regar un huerto de un quinto de hectárea gana varias veces esa cantidad ya en la primera temporada agrícola con la venta de las hortalizas producidas. Esta familia india está cultivando pimientos picantes. Las bombas a pedales resultan idóneas para zonas cuya capa freática se halla próxima a la superficie.

IDE

la casa. ¿Por qué no usar ese mismo sistema de conducción, barato, para llevar el agua de los riachuelos a los cultivos? Los depósitos del sistema de aspersión, muy caros, se reemplazarían por bidones usados de unos 200 litros, que se sumergirían en el arroyo. En vez de aspersores, se abrirían agujeros en la manguera para que el agua gotease hacia las plantas. Se trataba de aplicar el riego por goteo, técnica que los israelíes ya habían inventado hacía unos 35 años.

Yo estaba convencido de que el riego por goteo podía adecuarse a las necesidades de la agricultura de subsistencia. En 2001, tras siete años de desarrollo y ensayos de campo, la IDE introdujo un sistema de riego por goteo eficaz, barato, resistente a las obstrucciones y que se vendía por un quinto del precio de los equipos al uso. Las familias deberían invertir sólo 3 dólares en la compra de un sistema para regar un huerto de 40 metros cuadrados; luego podrían reinvertir parte de los beneficios anuales del 300 por ciento, generado, en la ampliación de la cobertura del sistema hasta media hectárea o más. En 2004, los agricultores indios compraron equipamiento de la IDE para regar 50.000 hectáreas. Según mis cálculos, en 10 años los sistemas de goteo a bajo coste proporcionarán riego a varios millones de hectáreas sólo en la India, una superficie mayor que la que hoy se riega por goteo en todo el planeta.

Los sistemas por goteo se usan también para regar con agua de lluvia recogida. A lo largo de la historia, los agricultores han ideado maneras de retener el agua que, cada año, se desperdicia por los torrentes formados con la llegada de los monzones que azotan el este de Africa y el sur de Asia. En la actualidad, la IDE está desarrollando un sistema que emplea pequeños estanques de decantación para eliminar los sedimentos del agua de lluvia; ésta se desvía luego a un tanque de 10.000 litros. Durante los meses siguientes, los agricultores se sirven de una bomba de mano para llevar el agua, a través de las mangueras de goteo, a sus cultivos; ello les permite vender a precios elevados durante la estación seca. Puesto que este sistema de riego hace las funciones de una presa para una parcela pequeña, le bautizamos como NAWSA MAD, que corresponde a Aswan Dam (presa de Aswan) leído al revés. (La de Aswan es quizá la más controvertida de las grandes presas construidas en los países en vías de desarrollo.) El tanque de almacenamiento del NAWSA MAD, que costará sólo 40 dólares, se está sometiendo a los últimos ensayos de campo en la India y en Africa.

La viabilidad de las presas

Del agua que llueve en nuestro planeta, se aprovecha alrededor del 10 por ciento; el 90 por ciento restante cae en lugares escasamente poblados como el Amazonas o se precipita en forma de aguacero durante las estaciones lluviosas, dejando atrás los campos de cultivo para perderse en el mar. La forma más fácil de aumentar la producción agrícola que abastece a una población en crecimiento consiste en mejorar la eficacia del sistema de suministro de agua de riego. Pero el problema no termina aquí. En la actualidad, los agricultores consumen unos 2500 kilómetros cúbicos de agua cada año; en 2025, aunque se mejore el suministro, necesitarán un 20 por ciento más.

La construcción de grandes presas requiere una planificación cuidadosa. La Comisión Mundial sobre Presas ha emitido en fecha reciente un informe en el que se proponen medidas para mitigar el impacto ambiental de los pantanos. El informe aboga también por el almacenamiento de agua en el subsuelo, que elimina las pérdidas





3. EL RIEGO POR GOTEO lleva el agua a las hortalizas que se cultivan en la sierra nepalesa (*arriba*). La organización Empresas para el Desarrollo Internacional puso este sistema de riego al alcance de los pequeños agricultores mediante la aplicación de sencillas mangueras de plástico. Las tuberías de goteo suministran el agua directamente a las raíces (*abajo*).

IDE

por evaporación y lleva el agua más cerca de donde se la necesita, y otras opciones alternativas.

En numerosas regiones, el nivel freático está descendiendo dos metros o más por año debido al exceso de extracción. Algunos acuíferos, no obstante, pueden reaprovisionarse mediante la captura, y posterior conducción al subsuelo, del agua de las lluvias monzónicas. El estado indio de Gujarat ofrece un buen ejemplo de ello: el clima es cálido y seco la mayor parte del año; la lluvia cae sobre todo durante la estación de los monzones, cuando menudean las inundaciones. En los años ochenta dio comienzo el Swadhyaya Parivar, un movimiento religioso hindú que condujo a miles de agricultores en Gujarat a la construcción de canalizaciones que dirigían las torrenteras de los monzones hacia grandes pozos descubiertos. Esta acción colectiva restauró el nivel freático e incrementó de forma notable la productividad agrícola. Las agencias de desarrollo deberían llevar a cabo cientos de experimentos de este tipo para luego aplicar los de mayor éxito a escala global.

Otra idea prometedora se basa en la aplicación de sistemas de goteo y de aspersión en combinación con los canales de riego que, en la India, China y otros países, enlazan los cultivos. Los agricultores que dependen de los canales disponen de agua sólo cuando les llega el turno: cada dos o tres semanas. Pero las necesidades hídricas de los cultivos de mayor valor comercial corresponden a ciclos de entre dos y cuatro días. El riego resulta, pues, insuficiente. La instalación de pequeños tanques a lo largo de los canales permitiría regar los campos también entre los turnos de riego establecidos. Los agricultores chinos ya están adoptando con éxito este sistema, que denominan “melones en una vid”. Amén de aumentar la producción y los beneficios por litro de agua, este método mitiga los efectos dañinos de las inundaciones y la salinización, que redoblan sus perjuicios si se suministra agua en exceso y de una sola vez.

Los nuevos sistemas de riego proporcionarían también agua potable a gran parte de los 1100 millones de personas sin acceso a ella. Dado que más del 80 por ciento de esa cifra vive en áreas rurales pobres, la construcción de sistemas de distribución de agua, centralizados y extensos, para abastecer a la población resultaría poco viable y demasiado caro (costaría cientos de miles de millones de dólares). Un sistema que combine el riego con el suministro de agua potable, en cambio, sí resulta rentable.

En 2004, la delegación de la IDE en Nepal construyó pequeños sistemas de suministro de agua en ocho pueblos de montaña. Amén de proporcionar agua potable de manantial para 10 o 15 familias, cada equipo suministraba agua suficiente para el riego por goteo de campos de hortalizas fuera de temporada, cuya venta, cabe esperar, permita pagar, en un año o dos, los sistemas de conducción de agua, para convertirse en adelante en fuente continua de ingresos para los agricultores.

En gran parte de Africa, los habitantes de las aldeas obtienen el agua, para consumo doméstico y riego, de pozos cercanos. A diferencia de la situación en Bangladesh, el nivel freático es demasiado profundo para acceder al mismo mediante bombas a pedales. La extracción de esta agua subterránea debe realizarse mediante bombas manua-

les, pero la mayoría de los africanos no pueden costear los 1500 dólares que cuesta su instalación. (El sistema de bombeo a mano que Peter Mwete usaba en Marimari lo donó a su aldea una comunidad misionera.)

Ahora bien, si los habitantes de las aldeas se unen para compartir ese escaso recurso, pueden conseguir un préstamo y comprar el equipo. Supongamos que cada una de 30 familias paga a la comunidad 7 dólares anuales para el suministro de agua potable y que 15 de las mismas invierten cada una 20 dólares adicionales para la construcción de sistemas de riego por goteo. Cada familia de agricultores gana un extra de 100 dólares al año con la venta de frutas y verduras, 30 de los cuales los entrega a la comunidad de usuarios. Se colectan así 210 dólares al año de los consumidores de agua potable y 450 dólares al año de los regantes. Ello suma una cantidad suficiente para cubrir los gastos de funcionamiento y devolver los 1500 dólares del préstamo en cuatro años.

Los gobiernos africanos y las agencias de desarrollo promueven iniciativas de ese tenor a través de la creación de comunidades de usuarios del agua, la formación de los campesinos y el acceso a los mercados. Se trata de un procedimiento bastante más eficaz que subvencionar la instalación de las bombas manuales, pues la probabilidad de que los habitantes de las aldeas se ocupen del mantenimiento de las mismas es mayor cuando éstas son de su propiedad. Pero quizás ésta no sea la mejor solución para todas las aldeas. En algunos casos, los pozos podrían no proporcionar agua suficiente para abastecer el consumo doméstico y el agrícola. Con todo, creo que al menos la mitad de los nuevos sistemas rurales de suministro de agua potable resultan rentables.

Los costes

¿Cuánto va a costar alimentar a tres mil millones de personas y reducir la pobreza a la mitad? Sólo cabe conjeturarlo. En las plantaciones de mayor extensión y con buenos suelos, donde se han registrado la mayoría de los progresos en productividad agrícola, un aumento adicional de las cosechas requerirá una inversión total de 20.000 millones de dólares durante los próximos 10 años. Unos 10.000 millones costará financiar la investigación agrícola en las universidades, instituciones nacionales y en los centros que pertenecen al Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional. Otros 10.000 millones de dólares, o más, se necesitarán para duplicar la productividad de los sistemas de riego existentes y para la construcción de varios embalses importantes.

Mas para mitigar la pobreza no basta con aumentar la producción de alimentos. Además, las estimaciones de los costes del cumplimiento de las Metas de Desarrollo del Milenio varían mucho. Jeffrey D. Sachs, de la Universidad de Columbia, y las comisiones de expertos de las Naciones Unidas afirman que los países ricos deberían donar una ayuda de más de 1,5 billones de dólares a los países en vías de desarrollo en los próximos 10 años; la mayor parte se invertirían en sanidad, educación, suministro energético y obras públicas.

En IDE, en cambio, tenemos una visión distinta. En primer lugar, si bien las inversiones de los países de Occidente resultan imprescindibles para la promoción del desarrollo, reviste capital interés que los campesinos pobres inviertan su propio tiempo y dinero en salir de la pobreza. Dar rienda suelta al espíritu emprendedor del Tercer Mundo: ésa es la clave. En este sentido, las condiciones para el desarrollo son favorables, pues los pequeños agricultores (los que cultivan una parcela de media hectárea) son auténticos emprendedores y, además, están rodeados de miles de otros empresarios que regentan pequeños almacenes y talleres de reparación.

En el transcurso de los últimos años, la IDE ha logrado que los ingresos netos anuales de más de 100.000 familias campesinas humildes aumentaran en unos 500 dólares, a un coste inferior a 200 dólares por familia. Si se sigue esta tasa de crecimiento, el cumplimiento de la primera Meta de Desarrollo del Milenio —sacar de la pobreza a 600 millones de personas o, lo que es lo mismo, a 100 millones de familias— costaría 20.000 millones de dólares. Esta inversión no cubriría todas las mejoras en infraestructuras por las que Sachs y otros apuestan, pero proporcionaría a las familias rurales ingresos extra que invertirían en la educación de sus hijos y en la mejora de su vivienda y salud. Y, aún diría más, un programa de estas características estimularía las inversiones del sector agrícola privado en el desarrollo de un mercado de procesamiento, clasificación, embalaje y distribución de tomates, berenjenas, pimientos y otros productos de gran valor comercial, cultivados por los pequeños agricultores.

Si una organización modesta como la IDE, que cuenta con un presupuesto anual de 10 millones de dólares y una plantilla de 600 trabajadores, saca a casi un millón de personas de la pobreza cada año, el esfuerzo combinado de los países ricos logrará, sin duda, mucho más. Pero las agencias de desarrollo deben estar dispuestas a empezar desde abajo, con el pequeño agricultor que avanza poco a poco sobre su bomba a pedales, y desde ahí progresar.

El autor

Paul Polak se doctoró en medicina por la Universidad de Ontario en 1958. Durante los años que dedicó al ejercicio de la psiquiatría, desarrolló un modelo de intervención directa para tratar las enfermedades mentales de mayor importancia. Así se dio cuenta de las relaciones que existen entre la enfermedad mental y la pobreza. Andando el tiempo fundaría Empresas para el Desarrollo Internacional (IDE), una organización no gubernamental sin ánimo de lucro que ha sacado de la pobreza desde 1981 a más de 12 millones de pequeños agricultores.

Bibliografía complementaria

PILLAR OF SAND: CAN THE IRRIGATION MIRACLE LAST? Sandra Postel. W. W. Norton, 1999.

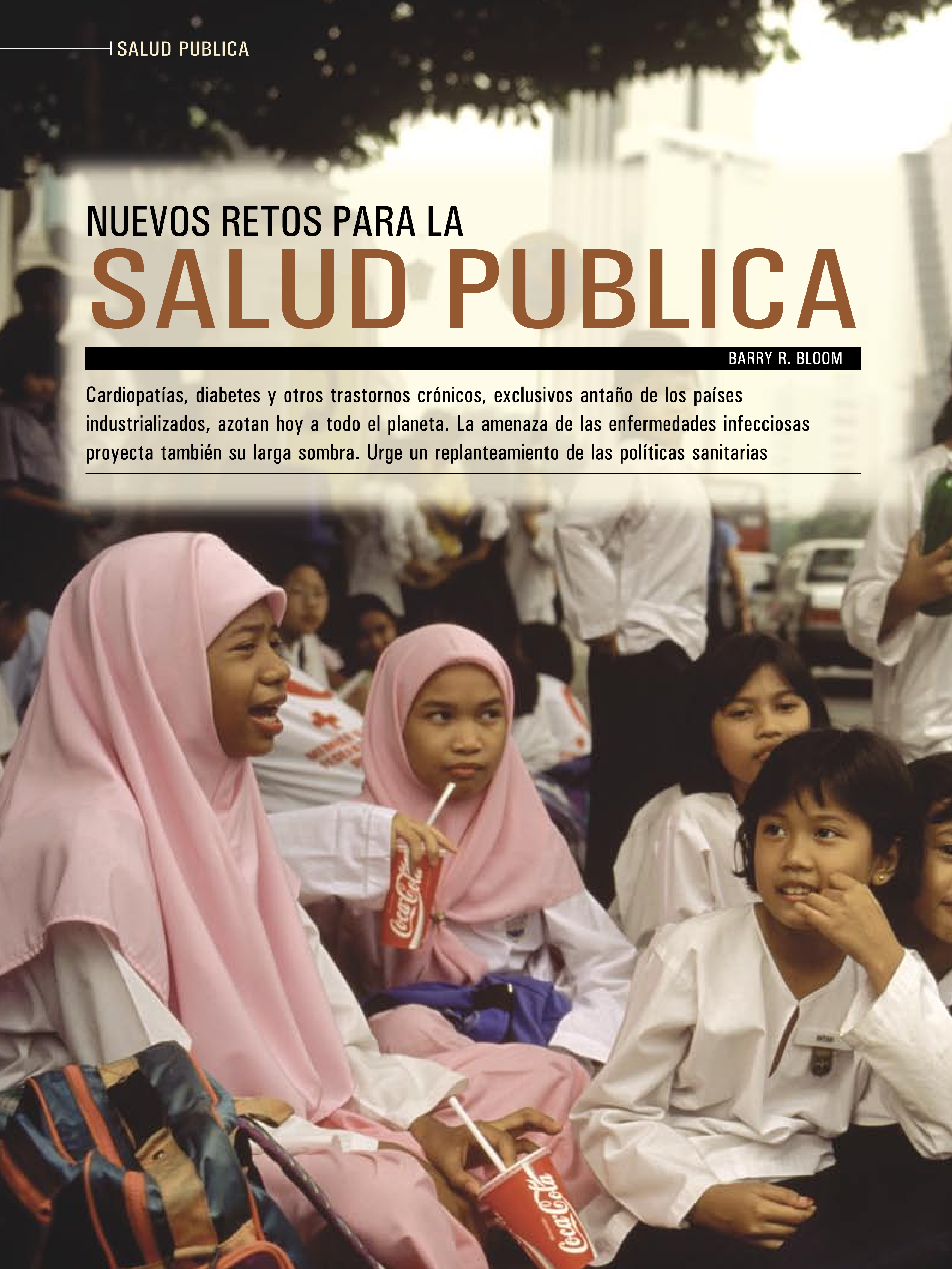
POVERTY ALLEVIATION AS A BUSINESS. Urs Heierli y Paul Polak. Swiss Agency for Development and Cooperation, 2000.

THE WORLD'S WATER, 2004–2005: THE BIENNIAL REPORT ON FRESHWATER RESOURCES. Peter Gleick. Island Press, 2004.

NUEVOS RETOS PARA LA SALUD PUBLICA

BARRY R. BLOOM

Cardiopatías, diabetes y otros trastornos crónicos, exclusivos antaño de los países industrializados, azotan hoy a todo el planeta. La amenaza de las enfermedades infecciosas proyecta también su larga sombra. Urge un replanteamiento de las políticas sanitarias





1. EL SOBREPESO Y LA OBESIDAD
afectan cada vez más a Malasia
y a otros países en vías de desarrollo.

STUART FRANKLIN *Magnum Photos*

Mientras se encontraba de visita en Zimbabwe, Stephen Lewis, enviado especial de las Naciones Unidas para el VIH (virus de la inmunodeficiencia humana) y el sida en Africa, se detuvo en una escuela de primaria. Al preguntar a los niños qué era lo que más les preocupaba, obtuvo una respuesta descarnadamente reveladora: siete de cada diez contestaron, sencillamente, "la muerte".

Lewis viajó luego a Zambia. Allí vio campos de coles. Preguntó a los campesinos si tenían lo suficiente para comer. "Sí", contestaron, "incluso podemos vender parte de la cosecha". "Y ¿qué hacéis con los beneficios?", preguntó Lewis. "Compramos ataúdes", respondieron.

Este tipo de historias refuerzan la imagen que los habitantes de los países desarrollados tenemos del Tercer Mundo: un paisaje azotado por la muerte. Un mundo vasto y diverso en el que vive el ochenta y tres por ciento de la población mundial. Sin embargo, en numerosas partes del planeta, el estereotipo de país arrasado por sucesivas olas de mortandad ya no se corresponde con la realidad. En todos los continentes tiene lugar una notable transición demográfica: la población rural se desplaza a zonas urbanas, las mujeres paren menos hijos y la población envejece. Paralelamente se produce también una transición epidemiológica: los países que, como la India y China, experimentan una rápida y gran expansión económica deben afrontar problemas sanitarios parecidos a los de las naciones más desarrolladas.

De hecho, mediante el acceso a vacunas, agua potable, servicios médicos básicos y a una nutrición adecuada, numerosos países han logrado amortiguar el impacto de las enfermedades infecciosas y mejorar la salud de la población. Los habitantes del Tercer Mundo viven hoy más tiempo y no mueren de infecciones, sino de enfermedades crónicas propias de la vejez: cardiopatías, diabetes y cáncer. En la actualidad, son los trastornos crónicos los que contribuyen de forma mayoritaria a la carga mundial de enfermedad.

Con todo, las enfermedades infecciosas distan mucho de haber desaparecido. Siguen constituyendo un grave problema no sólo en Africa, sino en todos los países, incluidos los más desarrollados. En estos últimos, la resistencia a los antibióticos se ha convertido en una amenaza creciente; además, millones de personas carecen de seguro médico, lo que incrementa su vulnerabilidad ante enfermedades que se curan con un tratamiento sencillo. La amenaza de nuevos agentes infecciosos acerca también a las naciones del mundo. En esta era de globalización, los agentes patógenos cruzan las fronteras y se diseminan por el planeta a la velocidad de los aviones. Aparecen de forma inesperada en cualquier lugar. Representan un peligro real para la humanidad, de naturaleza tal, que ningún país puede combatirlo por cuenta propia.

Asistimos, pues, a un extraordinario proceso de convergencia. El mundo ya no se divide en dos bloques, el de los países subdesarrollados, hostigados por enfermedades infecciosas, y el de las naciones ricas, libres de esos flagelos. En términos sanitarios, los hemisferios norte y sur se parecen más de lo que se diferencian.

El mundo se divide hoy en función de otros parámetros. Dentro de cada país y área geográfica, las diferencias entre ricos y pobres, sanos y enfermos, siguen siendo extremas. En las naciones más pobres, la mitad de los niños mueren antes de alcanzar los cinco años de edad. En algunas partes de EE.UU., las desigualdades sanitarias resultan también notables. Un indio de Dakota del Sur vivirá, en promedio, trece años menos que un blanco de su misma edad que viva en Minnesota. Cerca del 88 por ciento de los varones blancos estadounidenses alcanzan los sesenta y cinco años de edad; sólo el 76 por ciento de los negros.

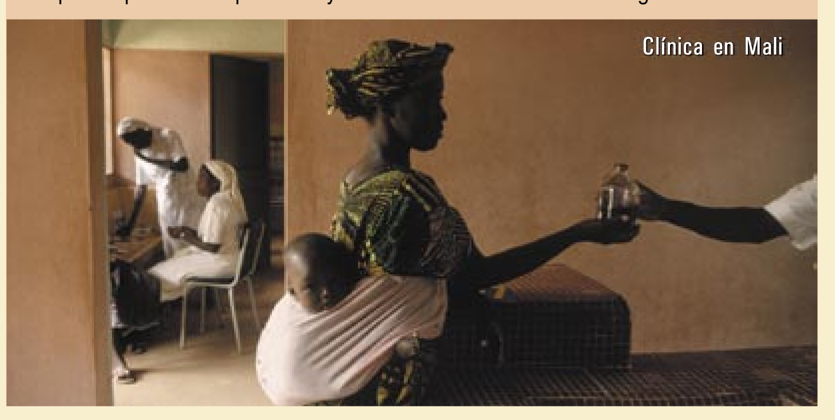
LA SALUD PUBLICA EN UNA ENCRUCIJADA

EL PROBLEMA:

- Aumentan las desigualdades entre ricos y pobres.
- El futuro de la salud pública dista de estar asegurado. Las enfermedades infecciosas se hallan en retroceso. Las crónicas, en cambio, se cobran un precio cada vez más elevado. Un gran número de éstas guarda relación con el estilo de vida; no se vencerán sin una intervención normativa por las administraciones de salud pública.
- Una pandemia mortal, un ataque bioterrorista o una catástrofe ambiental precipitarían la crisis.

EL PLAN:

- La prevención resulta de vital importancia para asegurar un futuro con salud. Existen estrategias preventivas, sencillas y sumamente eficaces, contra numerosas enfermedades crónicas e infecciosas.
- Nuevas herramientas analíticas y datos epidemiológicos facilitan el establecimiento de prioridades sanitarias.
- Las acciones combinadas y la colaboración multilateral erradicarían ciertas bolsas de desigualdad (acercarían los cuidados médicos básicos a quien carece de ellos) y reducirían la contaminación atmosférica y acuífera.
- Las pandemias, los desastres naturales y otras crisis internacionales pueden minimizarse si nos dotamos de una infraestructura de salud pública que responda con prontitud y eficacia a las amenazas emergentes.


Clínica en Mali

ABBAS *Magnum Photos*

CAMBIOS EN EL PATRON DE SALUD MUNDIAL



PRINCIPALES FUENTES DE AVAD

Orden	1990*	2020 (proyección)
1	Neumonía y otras infecciones respiratorias	Cardiopatías
2	Enfermedades diarreicas	Depresión
3	Trastornos del puerperio y del período neonatal	Accidentes de tráfico
4	Depresión	Accidente cerebrovascular
5	Cardiopatías	Enfisema y bronquitis
6	Accidente cerebrovascular	Neumonía y otras infecciones respiratorias
7	Tuberculosis	Tuberculosis
8	Sarampión	Guerra
9	Accidentes de tráfico	Enfermedades diarreicas
10	Alteraciones congénitas	VIH

*Basados en datos de 1990, reanalizados como AVAD.

LAS PRINCIPALES FUENTES DE AVAD ("años de vida ajustados por discapacidad", es decir, el número de años con salud perdidos por lesiones, enfermedad o muerte prematura) están cambiando. Se está produciendo una transición de las enfermedades infecciosas agudas a las relacionadas con el envejecimiento y el estilo de vida. Se estima que, hacia 2020, las cardiopatías, la depresión y los accidentes de tráfico serán las tres primeras fuentes de AVAD. El accidente de la fotografía ocurrió en Hangzhou a principios de 2005.

AP PHOTO/CHINATOPIX; FUENTE DE LOS DATOS: CENTROS DE CONTROL DE ENFERMEDADES Y PREVENCION Y ESCUELA DE SALUD PUBLICA DE HARVARD

En un mundo en el que se están logrando notables avances en la prevención y el tratamiento de las enfermedades, semejantes desigualdades resultan inaceptables desde el punto de vista ético y también económico. La mala salud de una población retrasa su crecimiento económico. Por el contrario, un buen estado de salud estimula el desarrollo, combate la pobreza y promueve la equidad social. Además, los costes sanitarios en un lugar afectan a otros (como sucedió en 2003 con el brote asiático del síndrome respiratorio agudo grave o SRAG).

La distancia entre lo que sabemos sobre los nuevos retos sanitarios y cómo este conocimiento se traduce en acciones concretas es enorme. Para hacer frente a los problemas de cada país, se requiere una cooperación internacional y una estructura sanitaria de escala mundial de la que todavía carecemos.

Una carga crónica

Hasta no hace mucho, la mortalidad era el único parámetro que la Organización Mundial de la Salud empleaba para medir la salud. Una persona estaba o viva o muerta. Los que se hallaban en una situación intermedia, padeciendo enfermedades o lesiones y con frecuencia incapacitados para trabajar eran estadísticamente invisibles. Ni se identificaba a las personas afectadas por discapacidad, ni se registraba el impacto social y económico de sus afecciones.

Con la ayuda de depuradas herramientas analíticas, la Organización Mundial de la Salud dispone ahora de elementos para la comprensión no sólo de las enfermedades crónicas, sino también de las dificultades que tales aflicciones imponen a la sociedad. De hecho, los datos que se han ido recogiendo, en forma de indicadores de calidad de vida, han facilitado los estudios epidemiológicos: predicción de tendencias, monitorización de los patrones de enfermedad y comparación de las cargas impuestas por las enfermedades crónicas y las infecciosas. Este tipo de información facilita el establecimiento de las prioridades sanitarias de un país.

Entre las herramientas de análisis más poderosas se encuentran los "años de vida ajustados por discapacidad" o AVAD (DALY, en inglés). Esta aplicación "medicométrica" mide el número de años de salud perdidos debido a lesiones, enfermedad y mortalidad prematura. Se desglosan en función de varios parámetros: por enfermedades, por regiones, por edad, por sexo, etcétera. Así, los efectos de la enfermedad se identifican y registran con precisión. Los AVAD han abierto una nueva era en la atención sanitaria preventiva.

En 1999, el primer año en el que se determinaron los AVAD, alrededor de cincuenta y seis millones de personas



2. LOS ESTUDIANTES DE ENFERMERIA mexicanos con frecuencia terminan trabajando en Estados Unidos. La fuga de cerebros a las naciones ricas mina la estabilidad de los sistemas sanitarios en los países en vías de desarrollo.

murieron en todo el mundo; pero, además, se perdieron el equivalente de 1400 millones de años de salud debido a enfermedades no mortales, aunque sí discapacitantes, un número harto superior al predicho por los epidemiólogos. En el Africa subsahariana, donde vive sólo el 10 por ciento de la población mundial, se perdieron el 26 por ciento de todos los años de vida saludable perdidos en el mundo, en gran medida debido a enfermedades infecciosas, sobre todo al sida.

El análisis de los AVAD revela la cruda realidad del peaje que los hábitos no saludables imponen a la sociedad. En EE.UU., la mitad del total de muertes que se producen en un año (alrededor de 1.200.000) están relacionadas con el tabaquismo, el alcoholismo, las dietas no equilibradas y el sedentarismo. En el mundo, sólo la adicción al tabaco mata al menos a cinco millones de personas al año y daña la salud de otros millones en forma de trastornos cardiovasculares o pulmonares. La obesidad, que está alcanzando proporciones epidémicas, contribuye a la enfermedad coronaria, a la diabetes, la depresión y toda una serie de otras enfermedades. Más aún, la siniestralidad laboral se ha disparado en los países en vías de desarrollo, donde los objetivos de producción y la abundancia de mano de obra comprometen con excesiva frecuencia la seguridad de los trabajadores. La Organización Internacional del Trabajo estima que las muertes laborales registradas en China quintuplican las de los EE.UU. y que las tasas de accidentes laborales son notablemente superiores.

Si las tendencias actuales prosiguen (sin considerar la eventualidad de catástrofes inesperadas), hacia 2020 las tasas globales de diarrea, neumonía, tuberculosis y otras enfermedades infecciosas disminuirán en relación con las de enfermedades crónicas. Las enfermedades mentales, en particular la depresión (que provoca una fracción reducida de todas las muertes, pero que es causa de una gran discapacidad), amentarán, ocupando el segundo lugar en la lista de los contribuyentes a la morbilidad mundial. Las cardiopatías pasarán a ocupar el primer lugar. Los accidentes de tráfico el tercero; sobre todo en los países en los que la regulación y la aplicación de las normas de circulación son endebles, en lo que se refiere a la concesión de licencias, así como a la matriculación o inspección de vehículos. La obesidad, las enfermedades relacionadas con el consumo de tabaco y los accidentes laborales continuarán en aumento, poniendo en peligro las mejoras logradas en otros ámbitos de la atención sanitaria.

La clave: la prevención

La prevención resulta de vital importancia en la guerra contra las enfermedades crónicas y las infecciosas. Amén de superar en eficacia al tratamiento, en la reducción de la morbilidad y la mortalidad, la prevención permite obtener, mediante estrategias sencillas, enormes beneficios. Pensemos en el tsunami de 2004, una catástrofe de primera magnitud. Urgía la ayuda de emergencia, los brotes de enfermedades infecciosas constituían una amenaza real y el tiempo acuciaba. Se temía que la mortalidad posterior fuera superior a la debida a los efectos directos. Sin embargo, al ceñirse a objetivos alcanzables y realizarse de forma coordinada, el aprovisionamiento de lo más esencial (agua embotellada, vacunas y mosquiteras) se logró con prontitud; ello permitió hacer frente al cólera, el sarampión y la disentería. Irónicamente, cuando las intervenciones sanitarias surten efecto, como sucedió tras el maremoto, apenas se nota. La ausencia define el éxito de las actuaciones en el ámbito de la salud pública.

En otras regiones, la distribución de vacunas, antibióticos y alimentos, junto con las mejoras en saneamiento, han reducido de forma notable la mortalidad debida a enfermedades infecciosas. En algunos lugares, la reducción ha alcanzado el 60 por ciento. Hoy en día, se llevan a cabo campañas masivas de vacunación para alcanzar las Metas de Desarrollo del Milenio de la Organización Mundial de la Salud y de las Naciones Unidas, que prevén ampliar los programas de vacunación infantil, sobre todo en Africa. La India, China y otros países han celebrado días nacionales de inmunización con resultados extraordinarios. En noviembre de 2004, en sólo una semana, dos millones y medio de voluntarios vacunaron a 167 millones de niños indios.

Amén de incrementar la esperanza de vida, la vacunación ofrece ventajas económicas innegables. Por cada dólar que el gobierno de EE.UU. gasta en la vacuna combinada contra la difteria, el tétanos y la tos ferina (DTP), se ahorra veintinueve dólares de costes sanitarios; con la triple vírica (sarampión, rubéola y parotiditis), el ahorro ronda los veintiún dólares.

Los programas de prevención del sida han resultado también muy efectivos en los EE.UU., Uganda, Tailandia y Brasil. Todo ello muestra que, si se aúnan esfuerzos, es posible prevenir y controlar el sida a escala nacional. El aumento en la disponibilidad de fármacos antirretrovirales, algunos hoy en día proporcionados a precio de coste por ciertas compañías farmacéuticas, prolonga la vida de las personas infectadas con el virus e incrementan el interés por someterse de forma voluntaria a las

MARCO UGARTE *ap Photo*

NO HAY UN REFUGIO SEGURO



ENFERMEDADES EMERGENTES

1973	Rotavirus
1977	Virus Ebola
1977	Enfermedad del legionario
1981	Síndrome del choque tóxico
1982	Enfermedad de Lime
1983	VIH/Sida
1991	Tuberculosis multirresistente
1993	Cólera causado por la cepa 0139
1994	Infección por *Cryptoscoporidum** (brote agudo en Wisconsin)
1998	Gripe aviar
1999	Virus del Nilo Occidental* (aparición en los EE.UU.)
2003	Síndrome respiratorio agudo y grave (SRAG)
2004	Virus Marburg* (el mayor brote epidémico en Angola)

EXISTEN NUEVAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS contra las que el ser humano presenta escasa protección inmunitaria; por ello constituyen una verdadera amenaza para la salud pública. En la tabla se indican algunas de ellas, señalando el momento en que se identificó el agente responsable o se produjo un brote agudo (*asterisco*). Con la consabida excepción del sida, ninguna ha causado una devastación global. Pero no debemos confiarnos. Los epidemiólogos temen, en particular, a la gripe aviar; consideran que sólo es cuestión de tiempo el que una cepa letal se disemine con rapidez entre las personas y provoque una pandemia. Para evitar riesgos como éste, trabajadores vietnamitas sacrificaron miles de pollos en una granja donde las aves presentaban síntomas de gripe.

HOANG DINH NAM *AFP/Getty Images*

pruebas de diagnóstico. Al coordinar el tratamiento con la prevención de la transmisión, estas estrategias contribuirían a que la infección por VIH deje de ser una enfermedad letal para convertirse en una afección crónica. Con todo, se requieren programas educativos, liderazgo nacional y un gran esfuerzo para movilizar a la población y a los medios de comunicación. En este sentido, la velocidad de reacción resultará determinante: el sida se está expandiendo no sólo por Africa, sino también por toda la India, el sur de Asia y Europa del Este.

Al propio tiempo, los esfuerzos preventivos dirigidos a las enfermedades crónicas asociadas al envejecimiento han cosechado notable éxito. En los EE.UU., por ejemplo, en los últimos veinte años, los fármacos antihipertensivos, junto con una dieta equilibrada y la práctica de ejercicio, han reducido las muertes por infarto e ictus en un treinta y un cincuenta por ciento, respectivamente. Dado que un gran número de medicamentos básicos para el tratamiento de las cardiopatías (aspirina, betabloqueantes, estatinas e inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina) ya no están sujetos a derechos de patente, su precio ha caído en cuantía importante. Abaratamientos similares deberían producirse, en principio, en todo el mundo. El Proyecto Genoma Humano avanza en la identificación de genes asociados a la salud y la enfermedad. Los resultados de estos estudios arrojan luz sobre la base genética de nuestra respuesta a los fármacos y a los factores ambientales; asimismo, abren el camino a una nueva era farmacológica y terapéutica que mejorará la asistencia sanitaria y la vida de los que padecen enfermedades crónicas.

Para los adultos, así como para los niños, la herramienta de mayor eficacia sanitaria —aunque compleja desde el punto de vista político— es la lucha contra el tabaco. Fumar no obedece a una elección individual; se trata de una adicción. Muchas personas empiezan a fumar empujadas por la presión social y la publicidad. La fisiología opera luego: la nicotina constituye una de las substancias más adictivas que se conocen. Si se quieren lograr verdaderos avances, los gobiernos deben llevar el peso de la iniciativa mediante campañas de comunicación para evitar que los jóvenes empiecen a fumar y leyes que prohíban la publicidad del tabaco y su consumo en lugares públicos.

En el caso de los niños, existen otras dos medidas preventivas que incrementarían de forma notable la salud: alimentar y proporcionar vitaminas y minerales a los que están desnutridos, y limitar el aumento de peso de los que están sobrealimentados.

La prevención resulta crucial también para la lucha contra las enfermedades infecciosas emergentes. Mejor detenerlas antes que empiecen a diseminarse. Un patógeno altamente contagioso que viaje a gran velocidad convierte en ineficaces las medidas de cuarentena. Necesitamos por ello sistemas de vigilancia epidemiológica nacionales e internacionales, capaces de reaccionar con prontitud frente a cualquier amenaza sanitaria, sea ésta de origen natural o bioterrorista.

OCHO PASOS CLAVE

No existen remedios infalibles, válidos para todas las circunstancias. Sin embargo, la aplicación de las siguientes recomendaciones mejoraría de forma sustancial la salud en el mundo.

1. Controlar la publicidad, la venta y el consumo de tabaco. Esta constituye la medida de mayor eficacia para la prevención de enfermedades en los países ricos, así como en los pobres. En fecha reciente, 192 países firmaron el tratado de la Convención Marco para el Control del Tabaco. Auspiciado por la Organización Mundial de la Salud, el tratado fija objetivos para la reducción de la publicidad y venta de tabaco a los niños, pues reconoce que si se evita que éstos fumen hasta al menos los 24 años, el 95 por ciento no fumarán nunca.

2. Priorizar la salud infantil. Dos estrategias conceptualmente simples reducirían las tasas de enfermedad y discapacidad entre los niños: proporcionar a los desnutridos calorías y nutrientes, y potenciar una dieta equilibrada y la práctica de ejercicio entre los sobrealimentados. Y vacunar a todos.

3. Reducir las desigualdades sanitarias mediante la promoción de las Metas del Milenio de las Naciones Unidas. Estas metas, diseñadas para crear una red de protección global, prescriben unos paquetes básicos de intervenciones sanitarias (vacunación infantil, tratamiento del sida, la tuberculosis y la malaria, y reducción de muertes relacionadas con el embarazo).

4. Integrar la "medicometría" en la planificación sanitaria. La información sobre los años de salud perdidos por discapacidad, lesiones y muerte prematura orienta la gestión de la inversión sanitaria. Asimismo, puede usarse para responsabilizar a los gobiernos del bienestar de los ciudadanos.



Fumador chino de doce años de edad.

5. Frenar la fuga de cerebros. Los estudiantes que emigran en busca de formación necesitan incentivos para regresar a su país de origen. Las naciones ricas deben apoyar la formación de profesionales sanitarios en los países pobres, favorecer la permanencia y compensar al país de origen de aquellos profesionales que emigren. ¿De qué sirven las medicinas y vacunas cuando no hay quien las administre?

6. Invertir en un sistema de vigilancia epidemiológica de enfermedades infecciosas. Resulta esencial el desarrollo de un sistema que detecte todas las amenazas sanitarias (las enfermedades infecciosas emergentes y las derivadas del bioterrorismo). Además, los gobiernos necesitan estimular la colaboración entre los ministerios de salud y en sus respectivos departamentos para que, una vez identificado el problema, se le haga frente con prontitud.

7. Reducir las amenazas ambientales. Una agencia internacional debe fijar estándares mundiales de contaminación atmosférica y acuífera, y evaluar el impacto económico de las enfermedades crónicas causadas por ésta.

8. Desarrollar una infraestructura sanitaria mundial. Debido a su complejidad inherente, la salud mundial mejorará sólo si se forman nuevas alianzas entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales, industrias y universidades. Si la asistencia sanitaria está en estrecha relación con la educación, la economía, el transporte, el comercio, la inmigración, la comunicación y el ambiente, resulta evidente que la carga mundial de enfermedad no puede ser responsabilidad únicamente del sector de la salud pública.

Necesitamos también laboratorios en los que se identifiquen nuevos microorganismos y ministerios de sanidad que se ocupen de la comunicación y coordinación multilaterales. Hasta la fecha hemos tenido suerte: los recientes brotes de enfermedades nuevas (el SRAG en Asia o el Ebola en Africa) han sido limitados. Pero debemos permanecer alerta. La aparición de un agente patógeno con capacidad para diezmar la población es sólo cuestión de tiempo.

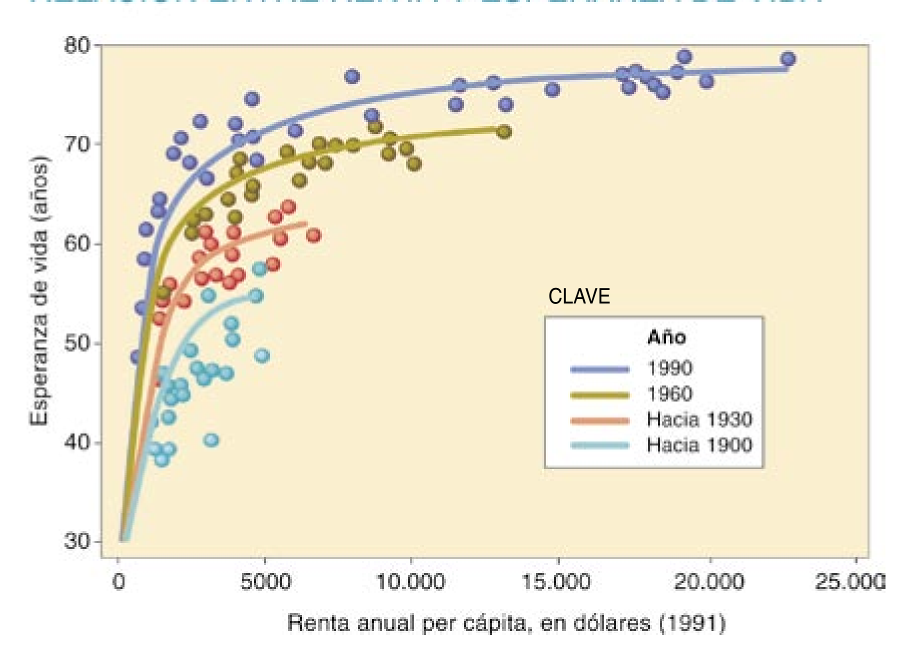
Infraestructuras deficientes

Considerar de forma simultánea todas estas prioridades no es tarea fácil. Pero lo es aún menos si se tiene en cuenta la deficiencia estructural de los sistemas de salud pública a nivel mundial. El tsunami de 2004 sacó a la luz estas carencias. Aunque el gobierno y las agencias internacionales de cooperación se pusieron en marcha de inmediato, no existía ninguna autoridad central a la que recurrir; tampoco había ninguna infraestructura que permitiera afrontar una catástrofe de esa magnitud, ni ningún centro de mando, ni siquiera una lista de expertos o agencias con quien contactar. A pesar de todos los avances logrados en los últimos años en el ámbito de la salud pública, cuando el tsunami llegó no se disponía de ningún plan capaz de organizar una acción de semejantes dimensiones: debía coordinar a más de cinco países, resolver problemas sanitarios y ambientales, y reparar una destrucción económica y estructural.

Asimismo, no existe ninguna estructura global para afrontar otras amenazas sanitarias transnacionales. Los ministerios de salud no pueden, por sí solos, proteger a su país. En EE.UU., por ejemplo, puede que se produzca una exacerbación del asma como consecuencia de la actividad de las centrales térmicas chinas. De ser así, la prevención sería posible sólo si en ella participara el gobierno chino. Si el calentamiento

AP PHOTO

3. EL BIENESTAR ECONOMICO resulta de suma importancia para la salud. Así lo indica la relación entre la esperanza de vida y la renta (en el gráfico, cada punto representa a un país). Pero también es cierta la recíproca: que la salud es vital para el bienestar económico. Las personas muy pobres suelen morir antes y, por tanto, no contribuyen al desarrollo económico de su país. Por otra parte, el dinero constituye sólo uno de los determinantes de la salud. En promedio, los habitantes de las naciones más ricas en 1900 vivieron menos años que los de países con rentas similares en 1990, en parte por la falta de los conocimientos biomédicos y sanitarios actuales.



SOURCE FOR DATA: *WORLD DEVELOPMENT REPORT*, PAG. 34, 1993 (www.wds.worldbank.org)

global llevara la malaria hacia latitudes septentrionales, los esfuerzos para reducir las emisiones de los gases de invernadero precisarían de la colaboración del gobierno estadounidense. El mundo necesita una infraestructura que permita, a quienes toman las decisiones, considerar la salud, la economía, el ambiente y la seguridad nacional de forma integrada.

Igual que se precisa una infraestructura internacional que afronte los problemas de salud globales, cada país debería contar con su propio sistema de salud pública, esto es, su propio ministerio de salud, facultades de medicina y centros con dotación de personal especializado. La falta de profesionales cualificados, así como de instituciones necesarias para su formación (universidades y hospitales), constituye un grave problema en numerosos lugares.

La fuga de cerebros agudiza el problema. Un gran número de trabajadores sanitarios de los países en vías de desarrollo emigran a los países ricos en busca de mejores salarios y condiciones laborales. Las estadísticas hablan por sí solas. En un solo año, el 30 por ciento de las enfermeras de Zambia emigraron a Gran Bretaña; aún son más numerosas las que abandonan anualmente Filipinas. En Malawi, tres de cada cuatro puestos de enfermería están vacantes: la mayoría de los profesionales de la salud emigran o caen ellos mismos víctimas de enfermedades infecciosas. En Sudáfrica, la diáspora ha sido tal, que se precisan alrededor de 4000 médicos y 32.000 enfermeras.

La encrucijada

De cómo respondan los profesionales sanitarios, los líderes políticos y las instituciones de salud pública a estos desafíos dependerá en buena medida la situación del mundo de 2050 en adelante. ¿Lograremos llevar salud, estabilidad y condiciones de vida dignas a las personas sobre las que hoy se abaten la enfermedad y la pobreza? ¿El conocimiento y la técnica médica desarrollados en los países ricos alcanzarán a quienes carecen de agua potable, acceso a los antibióticos y otros bienes básicos? ¿Viviremos en un mundo en el que las tasas de enfermedad y de mortalidad aumentarán de forma progresiva, agudizadas por las desigualdades? ¿O habremos progresado en la promoción de la salud, la atención sanitaria y las oportunidades de crecimiento económico en todas las naciones del mundo?

La necesidad de infraestructuras internacionales, nacionales y locales que velen por la salud de la población mundial es tan acuciante como lo es tener una visión clara. Nadie puede predecir con absoluta certeza qué mundo heredarán nuestros hijos. Pero los rápidos avances de las ciencias de la vida, combinados con acciones coordinadas de salud pública, contribuirán a que este mundo sea más viable y equitativo. De eso sí podemos estar seguros.

El autor

Barry R. Bloom se formó en las universidades de Amherst y Harvard. En esta última ocupa la cátedra Julius H. Jacobson de salud pública. Ha colaborado con la Organización Mundial de la Salud durante más de treinta años. Por su trabajo sobre la respuesta inmunitaria a la tuberculosis, recibió el primer Premio Bristol-Myers Squibb de investigaciones destacadas en enfermedades infecciosas.

Bibliografía complementaria

BURDEN OF DISEASE: IMPLICATIONS FOR FUTURE RESEARCH. C. M. Michaud, C. J. L. Murray y B. R. Bloom en *Journal of the American Medical Association*, vol. 285, n.º 535-539; 7 de febrero, 2001.

LA ECONOMIA EN UN MUNDO REPLETO

HERMAN E. DALY

La economía global es tan vasta, que ya no puede pretenderse que opere dentro de un ecosistema ilimitado. Para el desarrollo de una economía sostenible dentro de las posibilidades de la biosfera hace falta otro modo de pensar

Suele creerse que el crecimiento es la panacea que remedia los males económicos. ¿Que hay pobreza? Basta con que crezca la economía (es decir, con que se incremente la producción de bienes y servicios y se incite el consumo) para que afluya la riqueza. No se intente redistribuir los bienes de ricos a pobres: retardará el crecimiento. ¿Que existe paro laboral? Foméntese la demanda mediante la rebaja de los tipos de interés sobre los préstamos y estimúlese la inversión, porque así se crearán puestos de trabajo y se impulsará el crecimiento. ¿Que hay superpoblación? Confíese en la transición demográfica que resulta del crecimiento económico: el índice de natalidad se reducirá como ocurrió en los países industrializados durante el siglo XX. ¿Que se degrada la naturaleza? Déjese en manos de la curva de Kuznets en su versión ambiental, una supuesta relación empírica según la cual, con el crecimiento continuo del producto interior bruto (PIB), la contaminación aumenta en un principio hasta llegar a un máximo y empezar a descender.

Descansar así en el crecimiento vendría a cuento si la economía mundial operase en el vacío, cosa absolutamente irreal. La economía es más bien un subsistema de esa biosfera finita de la que depende su existencia. Cuando la expansión económica presione demasiado sobre el ecosistema, empezaremos a sacrificar el capital natural (pesca, minerales y combustibles fósiles), más valioso que el capital de origen humano añadido por el crecimiento (carreteras, fábricas o aparatos). Llegaremos entonces a un "crecimiento antieconómico", en el que se producirán más "males" que bienes y seremos más pobres, no más ricos. Una vez sobrepasada la dimensión óptima, el crecimiento a corto plazo carecerá de objeto; a largo plazo, resultará imposible de mantener. Hay indicios de que Estados Unidos ha entrado ya en la fase antieconómica.

No es fácil advertir que hay un crecimiento antieconómico, y menos evitarlo. Una de las razones es que algunos se benefician de esta fase del proceso y no tienen interés en cambiarlo. A esto se añade que las contabilidades nacionales no presentan al público un registro de los costes del crecimiento.

La humanidad debe llevar a cabo la transición a una economía viable, que preste atención a las limitaciones biofísicas inherentes al ecosistema global y así perdure largo tiempo. Si esa transición no se acomete, no sólo estaremos amenazados por un crecimiento antieconómico: podríamos sufrir además una catástrofe ecológica que causaría un fuerte descenso del nivel de vida.

Una biosfera finita

La mayoría de los economistas contemporáneos no admiten que los EE.UU. y otras naciones se estén encaminando a una fase de crecimiento antieconómico. En gran medida, desdeñan todo lo que se refiera a la viabilidad o, si admitimos el barbarismo imperante, sostenibilidad. Confían en que el crecimiento seguirá sacándonos de todos los apuros, como hasta ahora. Sin embargo, la preocupación por la sostenibilidad es muy antigua: se remonta a 1848 y al famoso capítulo "Sobre el estado estacionario" de John Stuart Mill, situación que Mill, a diferencia de otros economistas clásicos, celebraba. El enfoque reciente tiene su origen en los trabajos de Kenneth Boulding, Ernst Schumacher y Nicholas Georgescu-Roegen, en las décadas de 1960 y 1970. Los llamados economistas ecológicos, como el propio autor, continúan esa tradición; en cierta medida, también lo hacen las subdivisiones de

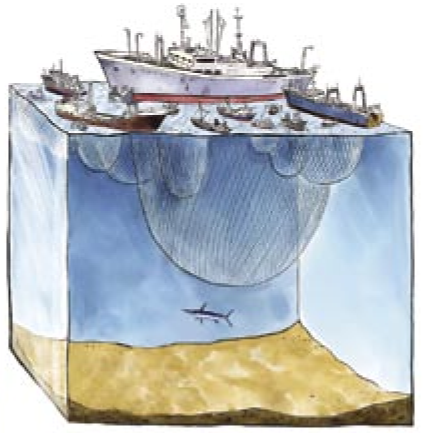
1. LOS OBJETOS DE ORIGEN HUMANO se aglomeran en nuestro entorno. Los conceptos económicos que fueron muy útiles en un mundo vacío pueden ya no ser suficientes en la saturación actual.

JONATHAN MILNE, REPRESENTADO POR WWW.FOLIOART.CO.UK



la economía tradicional que reciben los nombres de economía de recursos y del entorno. En general, sin embargo, la corriente principal de la economía (la economía "neoclásica") considera la sostenibilidad como una moda y apuesta decididamente por el crecimiento sin barreras.

Pero los hechos son tercos e incontestables: la biosfera es finita, no se expande, está cerrada (salvo la aportación constante de la energía solar) y obedece a las leyes de la termodinámica. Cualquier subsistema, como la economía, debe detener en algún punto su crecimiento y adaptarse a un equilibrio dinámico, una suerte de estado estacionario. Las tasas de natalidad igualarían a las de mortalidad, y los artículos tendrían que producirse al mismo ritmo con que se deprecian.

2. EL CAPITAL CREADO POR EL HOMBRE no puede reemplazar al capital natural. En un tiempo, las capturas estaban limitadas por la flota pesquera (capital de origen humano) que faenaba en el mar (*izquierda*). Hoy el límite lo pone la cantidad de peces en el océano (*derecha*): no por construir más barcos crecerán las capturas. Para garantizar la prosperidad económica a largo plazo, las naciones deben mantener los niveles de capital natural (como el pescado), no sólo la riqueza total.

ENCRUCIJADAS DE LA ECONOMIA

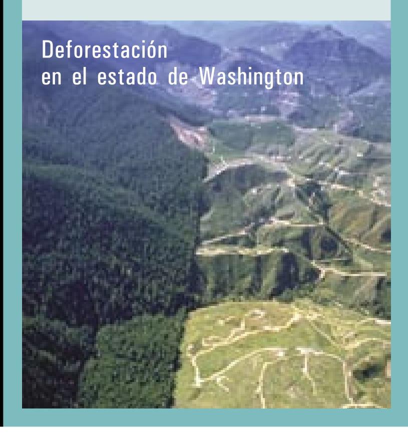
EL PROBLEMA:

- La situación económica no puede mantenerse por mucho tiempo en el futuro. Si no se acometen cambios radicales, nos expondremos a pérdidas de bienestar y posibles catástrofes ecológicas.

EL PLAN:

- Hay que transformar la economía para que pueda sostenerse a largo plazo. Para ello habrá de cumplir tres preceptos:

1. Uso limitado de todos los recursos, a un ritmo que produzca niveles de residuos que el ecosistema pueda absorber.
2. Explotación de los recursos renovables, en proporciones que no sobrepasen la capacidad del ecosistema de regenerar tales recursos.
3. Consumir los recursos no renovables en proporciones que, en la medida posible, no sobrepasen las tasas de desarrollo de recursos renovables sustitutivos.



Deforestación en el estado de Washington

En mis 67 años de vida la población humana se ha triplicado. Todavía ha aumentado mucho más, por término medio, el número de artefactos. Los análisis de la "huella ecológica" revelan, asimismo, un enorme incremento de la energía total y materiales necesarios para mantener y reponer esos artículos. El mundo se va llenando de seres humanos con todo su equipaje, al tiempo que se despoja de lo que antes contenía. Para abordar este nuevo régimen de escasez, es preciso desarrollar una economía de "mundo repleto" que sustituya nuestra tradicional economía de "mundo vacío".

La microeconomía, rama que comprende la medición y compensación de costes y beneficios de las distintas actividades, proporciona a individuos y empresas indicaciones claras de cuándo se ha de suspender la expansión en cada caso particular. Siempre que una actividad crece, acaba por ocupar el puesto de otra y eso conlleva un coste. Debe pararse cuando el coste marginal iguale al beneficio marginal. Esto es, no vale la pena gastarse un euro más en helados cuando eso nos da menos satisfacción que cualquier otra cosa que valga un euro. En la macroeconomía ordinaria, que estudia la economía en su conjunto, no existe una regla de "parada" equiparable.

Establecer y mantener una economía viable entraña un cambio tan radical en las mentes e intenciones de economistas, políticos y votantes, que nos haría juzgar como imposible tal proyecto. Pero la única opción alternativa sería la economía del crecimiento perpetuo, biofísicamente imposible. Entre abordar una imposibilidad de orden político y una imposibilidad de orden biofísico, yo diría que la segunda es todavía más tajante y que debe probarse con la primera.

¿Qué es lo que debe apuntalarse?

Hasta ahora sólo hemos descrito en términos generales la "economía sostenible" como la que es capaz de mantenerse indefinidamente en el futuro frente a las limitaciones biofísicas. Para llevarla a cabo, será preciso especificar qué es lo que debe apuntalarse año tras año. Los economistas han analizado cinco parámetros posibles: el PIB, la magnitud que en su jerga se denomina "utilidad", el "ritmo de trasvase" de recursos naturales, el capital natural y el capital total (suma del capital natural y el creado por el hombre).

Algunos creen que una economía viable debería mantener la tasa de crecimiento del PIB. Desde ese punto de vista, la economía sostenible equivaldría a la economía del crecimiento y se eludiría cuestionar la posibilidad biofísica del crecimiento sostenido. Tal postura aprovecha con fines políticos el efecto retórico y tranquilizador de una palabra mágica —"sostenible"—, sin que detrás haya nada.

También la definición de sostenibilidad en términos de PIB constante

DANIEL DANCER (*fotografía*); MATT COLLINS (*ilustración*)

es problemática, puesto que en el PIB confluyen las mejoras cualitativas (desarrollo) con el incremento cuantitativo (crecimiento). La economía sostenible debe cesar de crecer en algún momento, pero no por eso tiene que detener su desarrollo. No hay razón alguna para limitar las mejoras de calidad en el diseño de los productos: una calidad superior podría elevar el PIB sin necesidad de utilizar más recursos. La noción de sostenibilidad se funda en que la senda del progreso no apunte al crecimiento, que no es sostenible, sino al desarrollo, que sí podría serlo.

Otro parámetro que se pretendería mantener, la utilidad, designa el nivel de "satisfacción de deseos" o nivel de bienestar de la población. Los economistas de la teoría neoclásica han definido la sostenibilidad como la capacidad de mantener (o aumentar) la utilidad a través de las generaciones. Definición, no obstante, que carece de sentido práctico, ya que la utilidad es una experiencia, no una cosa. Carece de unidad de medida y no puede legarse en herencia a la generación siguiente.

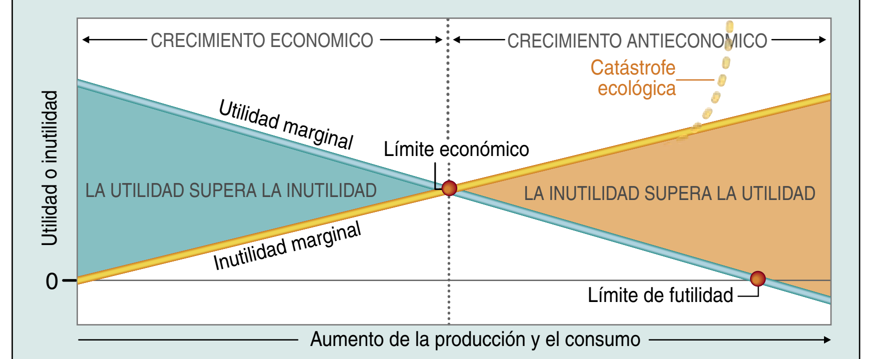
Los recursos naturales, por el contrario, sí son cosas, y se los puede medir y legar. Concretamente, es posible medir su "ritmo de trasvase" (*throughput*, en un sentido similar al que se da a esta palabra en informática, pero distinto del que recibe en gestión de empresas): la velocidad a que la economía usa los recursos, es decir, la velocidad a que los extrae de fuentes de baja entropía del ecosistema, los transforma en productos y devuelve los residuos de alta entropía al entorno. La sostenibilidad puede definirse con respecto a este rimo de trasvase: se referirá a la capacidad del medio para suministrar cada uno de los recursos en bruto y absorber luego los residuos finales.

Para los economistas, los recursos constituyen una forma de capital, o riqueza. Abarcan desde las materias primas en el almacén hasta los productos terminados y las fábricas. Existen dos grandes tipos de capital: el natural y el elaborado por los seres humanos. Los economistas neoclásicos suelen creer que el capital de origen humano puede reemplazar muy bien al capital natural y, por lo tanto, defienden que se mantenga la suma de los dos tipos; ésta sería la "sostenibilidad débil".

La mayoría de los economistas ecológicos opinamos que el capital natural y el elaborado son más a menudo complementarios que alternativos, y que el capital natural debe mantenerse por separado, pues se ha convertido en el factor limitador. Esta "sostenibilidad fuerte" significará, por ejemplo, que la captura de pesca anual se vea limitada por el capital natural (las reservas de los caladeros) y no por el capital elaborado (los barcos pesqueros). La sostenibilidad débil recomendaría construir más embarcaciones para suplir la falta de pescado a consumir.

CRECIMIENTO PERNICIOSO

Se produce un crecimiento antieconómico cuando los incrementos de la producción se logran a expensas de recursos y de un bienestar que son más valiosos que los artículos fabricados. El origen de esa perversión reside en un desequilibrio indeseable entre la "utilidad" y la "inutilidad". "Utilidad" designa aquí el nivel de satisfacción de las necesidades y deseos, algo así como el bienestar de la población. Llamaremos en este contexto "inutilidad" a los sacrificios que han sido necesarios para aumentar la producción y el consumo: el uso de mano de obra, la pérdida del ocio, el empobrecimiento de recursos, el aumento de la contaminación, la congestión.



El diagrama permite apreciar gráficamente los conceptos de utilidad e inutilidad. La línea azul representa la utilidad marginal; la amarilla, la inutilidad marginal. La utilidad marginal es el volumen de necesidades que se satisfacen al pasar de consumir una cierta cantidad de bienes y servicios a consumir una unidad más: desciende a medida que aumenta el consumo, ya que las necesidades más perentorias las satisfacemos antes. La inutilidad marginal es el volumen de sacrificios necesarios para lograr aumentar el consumo en una unidad, y crece con el consumo porque se supone que los sacrificios más fáciles se han realizado en primer lugar.

El valor óptimo del consumo se obtiene donde se igualan la utilidad y la inutilidad marginales. En ese punto, la sociedad disfruta de la máxima utilidad neta (*sector azul*). Aumentar el consumo más allá de ese punto hace que la sociedad pierda más por el incremento de la inutilidad que lo que gana por la utilidad añadida, como refleja la zona de inutilidad neta *(sector naranja)*. A partir de ahí el crecimiento pasa a ser antieconómico.

Finalmente, la población afectada por un crecimiento antieconómico alcanza el límite de futilidad: en ese punto el aumento de consumo no añade utilidad alguna. Los países ricos podrían ya estar cerca de su límite de futilidad. Además, una sociedad puede ser golpeada por una catástrofe ecológica, que daría lugar a un enorme aumento de la inutilidad (*línea de trazos*). Tal devastación podría acaecer antes o después de haber llegado al límite de futilidad.

El gráfico anterior expresa nuestro conocimiento de la situación en un momento dado. Los progresos futuros podrían desplazar hacia la derecha las líneas, de tal modo que sea posible un mayor crecimiento del consumo antes de que prevalezca la inutilidad sobre la utilidad.

No es nada seguro, sin embargo, suponer que las nuevas técnicas siempre van a relajar los límites. Por ejemplo, el descubrimiento de agujeros en la capa de ozono y el calentamiento global, ambos resultado de las nuevas técnicas, modificaron el diagrama que habíamos conocido, desplazando la línea de la inutilidad marginal hacia arriba y el límite económico hacia la izquierda, y restringiendo la expansión.

JEN CHRISTIANSEN

EL RELOJ DE ARENA DE LA ECONOMIA

El consumo de recursos por la humanidad se asemeja al flujo de la arena a través de un reloj que no pudiera invertirse. La oferta de energía por el Sol es a todos los efectos ilimitada, pero el ritmo al que la recibimos, no lo podemos controlar (*izquierda*). Por el contrario, disponemos de una fuente limitada de combustibles fósiles y minerales (*derecha*); la velocidad a la que los consumimos, sí podemos aumentarla o disminuirla. Si utilizamos estos recursos muy deprisa, estaremos dilapidando un patrimonio que debe pertenecer a generaciones futuras, además de acumular más desechos en el medio. Tal actividad no es sostenible a largo plazo.

Algunos economistas interpretan estos hechos en términos físicos. Su tesis es que la falta de sostenibilidad viene predicha por las dos primeras leyes de la termodinámica: la conservación de la energía (finita) y la tendencia natural de los sistemas a pasar del orden al desorden (de baja a alta entropía). Los humanos sobreviven y se desenvuelven utilizando recursos útiles (de baja entropía) —combustibles fósiles y minerales concentrados— y convirtiéndolos en residuos inútiles (de alta entropía). La masa de residuos aumenta continuamente (segunda ley), hasta que todo el combustible se haya transformado en desechos.



La sostenibilidad fuerte, en cambio, reconoce que de nada sirve tener más barcos si la pesca escasea, e insiste en limitar las capturas para asegurar que se mantenga la fuente del recurso para el día de mañana.

La política que mejor se acomoda al mantenimiento del capital natural es la de "poner un tope y comerciar permisos": por un lado, impone un límite al ritmo de trasvase total, de acuerdo con la capacidad del ambiente de regenerar los recursos o absorber la polución; por otro, el derecho a agotar fuentes, los océanos por ejemplo, o contaminar sumideros, como la atmósfera, ya no es un bien gratuito, sino un bien escaso que, tras haberse definido a quién pertenece inicialmente, puede comprarse y venderse en un mercado libre. Se han implantado sistemas de este tipo, como el de la Agencia de Protección Ambiental de Estados, que negocia los permisos de emisión de dióxido de azufre para limitar la lluvia ácida, y el establecido en Nueva Zelanda, que quiere evitar la pesca excesiva mediante cuotas de captura individuales transferibles.

Este procedimiento es un ejemplo del papel distinto que les corresponde al libre mercado y a las políticas de estado. La teoría económica tradicionalmente se ha dedicado a la asignación (distribución de recursos escasos entre usos que compiten) y no se ha ocupado de la escala (dimensión física de la economía en relación con el ecosistema). Los mercados que funcionen correctamente asignarán con eficacia los recursos, pero no podrán determinar la escala sostenible: esto será competencia exclusiva de los gobiernos.

Ajustes necesarios

La transición a una economía viable exigirá numerosos ajustes de índole política. Algunos de ellos son ya visibles. El sistema de la Seguridad Social, por ejemplo, tropieza con dificultades porque la transición demográfica a una población que no crece da lugar a que disminuya el número de personas activas y aumente el número de jubilados. Los ajustes exigen subir los impuestos, demorar la edad de jubilación o reducir las pensiones. Pese a que se afirme lo contrario, el sistema apenas ha entrado todavía en crisis. Pero habrá que aplicar alguno de estos ajustes para que el sistema se mantenga por sí mismo.

Vida útil de los productos. Una economía sostenible requiere una "transición demográfica" no sólo de personas, sino de bienes también: que el ritmo a que se produzca coincida con el ritmo a que se deprecia —se desgasta— lo producido. La igualdad de esos ritmos, sin embargo, puede hacerse a niveles altos o bajos, y convendrá que sean bajos para que los bienes duren más y se alcance la sostenibilidad. Los productos de vida más larga se reemplazarán con parsimonia mayor y, por ende, exigirán un ritmo inferior de utilización de recursos. Esta transición recuerda a las sucesiones ecológicas. Los ecosistemas jóvenes, en fase de expansión, tienden a maximizar la eficacia de su crecimiento, medida en producción por unidad de biomasa existente. Pero en los ecosistemas maduros el interés se centra en obtener el máximo rendimiento en su conservación, expresado por la cantidad de biomasa existente conservada por cada unidad de producción nueva: el inverso del rendimiento de producción. Si se quiere alcanzar la sostenibilidad, habrá que ajustar similarmente nuestras ideas e instituciones económicas. Una adaptación en tal sentido sería el alquiler de artículos, sean fotocopiadoras o alfombras; de ese modo, el vendedor es el propietario que mantiene, recupera y recicla el producto al término de su vida útil.

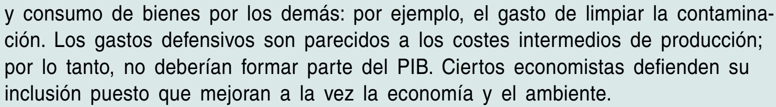
Crecimiento del PIB. La mejor calidad y el rendimiento potenciado permitirían que el PIB siguiera creciendo —algunos creen que en gran

cantidad— aunque el ritmo de trasvase fuese constante. Los ecólogos se alegrarían de que éste no creciera y los economistas de que sí lo hiciera el PIB. Este tipo de "crecimiento", en realidad el desarrollo, según hemos definido la palabra antes, debe llevarse cuan lejos sea posible, pero han de marcarse ciertos límites. Los sectores de la economía a los que se suele considerar más cualitativos, como las técnicas de la información, revelan una considerable base física cuando se los examina en detalle. Además, para que sea útil a los más pobres, la expansión debe afectar a los bienes que éstos necesiten: ropa, vivienda y comida. Incluso los más pudientes gastan la mayor parte de sus ingresos en coches, casas y viajes, no en bienes intangibles.

El sector financiero. En una economía viable, la ausencia de crecimiento seguramente haría caer los tipos de interés. Es muy probable que se contrajese el sector financiero porque los bajos intereses y las tasas de crecimiento no podrían soportar la enorme superestructura de las transacciones financieras —en gran parte basadas en el endeudamiento y las expectativas de futuro crecimiento económico— que hoy se asientan, no sin dificultad, sobre la economía física. En una economía de este género, la inversión sería menos frecuente y se dedicaría principalmente a la reposición y la mejora de calidad, en lugar de especular con la expansión cuantitativa.

Comercio. El libre comercio no sería viable en un mundo donde coexistiesen economías sostenibles y no sostenibles, pues las primeras forzosamente habrían de endosarse numerosos costes ligados al ambiente y al futuro que las segundas desdeñarían. Estas últimas podrían entonces rebajar los precios de sus competidoras sostenibles, no por su mejor rendimiento, sino simplemente por no haber pagado los costes propios de la sostenibilidad. Podría concebirse un comercio regulado por normas que compensaran estas diferencias, como también un comercio libre entre las naciones que se comprometiesen por igual a la viabilidad. Se suele considerar que tales restricciones al comercio son onerosas, pero ya hoy el comercio está sujeto a muchas normas, que además son perjudiciales para el entorno.

Impuestos. ¿Qué tipo de sistema impositivo se acomodaría mejor a una economía sostenible? Cuando un gobierno ha tomado conciencia de que los recursos naturales deben utilizarse de manera más eficaz, cargará impuestos por otros conceptos. En vez de las rentas del trabajo y de las empresas (el valor añadido), aplicará impuestos al flujo material medido por el ritmo de trasvase (aquello a lo que se añade valor), preferiblemente allá donde se tomen recursos de la biosfera, allá donde se los "extraiga del suelo". Muchos estados cargan fiscalmente la extracción para que los recursos se utilicen con más eficacia tanto en la producción como en el consumo. No resulta demasiado difícil vigilar y recaudar este tipo de impuestos. Parecería razonable ejercer presión fiscal sobre lo que sea menos deseable (agotamiento de recursos y polución) y dejar libre



MEDIDA DEL BIENESTAR



Masa de crudo en Alaska



Volcado de residuos en Nueva York

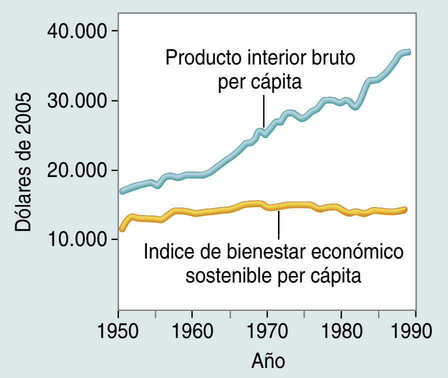
A juzgar por lo mucho que se airea en los medios, el producto interior bruto (PIB) es la fuente de todo lo bueno. Sin embargo, el PIB no evalúa el bienestar, ni siquiera los ingresos individuales: es más bien una medida de la actividad económica general. Se define como el valor de mercado anual de los bienes y servicios finales adquiridos en una nación, al que se añade el saldo neto exportador. El término "finales" indica que se excluyen los bienes y servicios intermedios, que son necesarios para nuevas producciones.

Al PIB no se le restan ni la depreciación del capital de origen humano (carreteras o fábricas) ni el empobrecimiento del capital natural (pesca o combustibles fósiles). Además contabiliza en lo positivo los gastos llamados defensivos, cuya finalidad es protegernos de las indeseables consecuencias de la producción y consumo de bienes por los demás: por ejemplo, el gasto de limpiar la contaminación. Los gastos defensivos son parecidos a los costes intermedios de producción; por lo tanto, no deberían formar parte del PIB. Ciertos economistas defienden su inclusión puesto que mejoran a la vez la economía y el ambiente.

El paso desde el PIB a una medida del bienestar sostenible requiere muchos más ajustes positivos y negativos. Habría que incluir ahí: los servicios gratuitos prestados dentro de la familia; el aumento de la deuda internacional; la pérdida de bienestar causada por el aumento de concentración de la renta (un euro en exceso da un bienestar mayor al pobre que al rico); el daño al ambiente a largo plazo, como el empobrecimiento de la capa de ozono o la pérdida de humedales y estuarios; la contaminación atmosférica, hídrica y acústica. El resultado de todos esos ajustes será el índice de bienestar económico sostenible (ISEW, por sus siglas en inglés), elaborado por Clifford W. Cobb y John B. Cobb, Jr., y otras medidas afines. Estos índices han sido utilizados por los economistas ecológicos, pero han merecido muy poca atención de otros expertos.

En cuanto a EE.UU., parece que los factores negativos contenidos en el ISEW aumentan con más rapidez que los positivos. Se han encontrado resultados semejantes en el Reino Unido, Austria, Alemania y Suecia. Esto significa que, en los últimos años, los costes del crecimiento aumentan más deprisa que los beneficios en algunos países.

Conviene recordar que, por importantes que sean las mediciones empíricas, a la hora de saltar de un avión en vuelo es más útil el paracaídas que el altímetro. Los principios básicos exponen con suma claridad que necesitamos un paracaídas económico. Un empirismo informal confirma que lo necesitaremos más pronto que tarde. Aunque no deban desdeñarse, no nos hacen falta informaciones más precisas, y puede resultar muy costoso esperar a tenerlas.

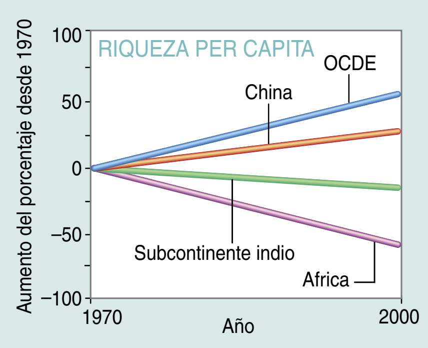


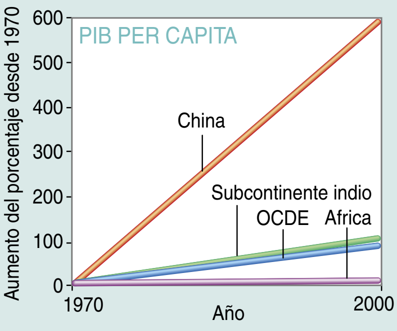
EL BIENESTAR SOSTENIBLE en EE.UU. ha sido más o menos estacionario, pese a que ha crecido el PIB.

JEN CHRISTIANSEN (*gráfica*); RANDY BRANDON *Peter Arnold* (*ave*); JAMES LEYNSE *Corbis* (*volcado*)

UN ENFOQUE MEDIDO, por Partha Dasgupta

La mayoría de los economistas contemporáneos contemplan con optimismo el futuro. Observan que la producción económica del mundo occidental ha crecido notablemente desde la revolución industrial. Advierten que ese crecimiento ha sido avivado por la acumulación de bienes de capital producidos (carreteras, maquinaria, equipamientos, edificios) y las mejoras en conocimientos, habilidades e instituciones (el sistema legal, por ejemplo). Argumentan que favorecer esa acumulación de saberes y capacidades a través de la educación, la investigación y el desarrollo permitirá mayores incrementos de la productividad y la economía mundial disfrutará de una expansión muy prolongada.





LA RIQUEZA TOTAL (*izquierda*) mide la salud económica mejor que el PIB (*derecha*)

Otros, sin embargo, señalan que el medio terrestre es finito y rechazan esta proclamación de optimismo; antes bien, insisten en que ya estamos utilizando los recursos naturales al ritmo máximo que a largo plazo puede soportar la biosfera, o incluso más deprisa. Alegan que deben aplicarse inmediatamente normas que no dejen que crezca el uso de los servicios que nos presta la naturaleza. Estos economistas, entre ellos Herman E. Daly y otros mencionados en este artículo, tienen derecho a cuestionar la visión optimista por su desprecio de los límites naturales, pero ellos mismos pueden ser objeto de críticas. En particular, guardan silencio sobre las medidas concretas que deberían tomarse, y no proporcionan un método significativo para valorar los costes y beneficios para el ser humano que implica detener todo nuevo crecimiento del uso de los recursos naturales.

Unos pocos economistas, entre los que me incluyo, buscamos sortear ambos tipos de dificultades por medio de un concepto más aquilatado de desarrollo sostenible: una trayectoria en la cual el bienestar no descienda al pasar de una generación a otra, e incluso pueda mejorar.

Como definía el famoso Informe de la Comisión Brundtland en 1987, "desarrollo sostenible" es el que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Para lograr este resultado, cada generación debe legar a su sucesora una riqueza per cápita igual a la que ella misma haya heredado. La riqueza se define como el valor de la base productiva entera de una economía, compuesta de capital de origen humano, capital natural, conocimientos, profesiones e instituciones. El desarrollo económico debe considerarse como un crecimiento de la riqueza per cápita, no como crecimiento del producto interior bruto per cápita.

Hay una gran diferencia entre el PIB y la riqueza. En el PIB se incluyen factores como las compras de bienes y servicios, pero no se registra la depreciación de los activos de capital (por ejemplo, la degradación de los ecosistemas). Por eso el PIB per cápita puede aumentar aunque la riqueza per cápita descienda; el PIB sería entonces un engañoso índice del bienestar humano.

¿Cómo salen paradas las naciones cuando se las juzga conforme al criterio del desarrollo sostenible? Según cifras recientemente publicadas por el Banco Mundial sobre la depreciación de varios recursos naturales (crudo, gas natural, minerales, la atmósfera como receptora de dióxido de carbono y los bosques como fuentes de madera), en el Africa subsahariana han descendido en las tres últimas décadas tanto el PIB per cápita como la riqueza per cápita (*gráficos anteriores*). En el continente Indio, sin embargo, la riqueza per cápita ha disminuido pese a haber aumentado el PIB per cápita. La razón de tal descenso es que el crecimiento relativo de la población, la inversión en capital producido y las mejoras en instituciones no han compensado la degradación del capital natural. A esto se añade que los países que han tenido un crecimiento de población mayor también han perdido riqueza per cápita a un ritmo más rápido.

Mejores noticias llegan de las economías de China y de la mayoría de los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico): han crecido a la vez en PIB per cápita y en riqueza per cápita. Estas regiones han compensado sobradamente el detrimento en capital natural mediante la acumulación de otros tipos de activos de capital y la mejora de instituciones. Parecería, pues, que durante las tres últimas décadas el mundo rico ha disfrutado de un desarrollo sostenible, mientras que el desarrollo en el mundo pobre (exceptuando China) no ha sido sostenible.

Cabe argumentar, no obstante, que las anteriores estimaciones de movimientos de riqueza son tendenciosas. En las cifras que da el Banco Mundial no aparece la depreciación, entre otros, de muchos tipos de capital natural: el agua dulce, el suelo, las reservas de los caladeros, los bosques y humedales como proveedores de servicios al ecosistema, y la atmósfera, que actúa como sumidero de partículas y de los óxidos de nitrógeno y azufre. Además, el Banco Mundial ha valorado los bienes naturales a partir de unos precios estimados que no tienen en cuenta la limitada capacidad del ecosistema para recuperarse de trastornos. Si ambas desviaciones se corrigieran, podríamos muy bien descubrir que el crecimiento de la riqueza en China y las naciones opulentas del mundo también ha sido negativo.

La perspectiva optimista que hoy prevalece en la economía carece de fundamento. La humanidad debe preparar instituciones y políticas que permitan alcanzar un desarrollo sostenible. Para ello los economistas disponen ahora de un marco (estimaciones de riqueza como las dadas anteriormente) que les faculta para formular sugerencias mucho más precisas que el mero reclamar una economía estacionaria.

Sir Partha Dasgupta es profesor de economía en la Universidad de Cambridge.

JEN CHRISTIANSEN



3. LAS CHIMENEAS están sujetas a un sistema de "poner un tope y comerciar permisos" para limitar las emisiones de dióxido de azufre. Actuaciones de este tipo pueden contribuir a la sostenibilidad.

CHARLES FENNOJACOBS *Time Life Pictures/Getty Images*

de impuestos aquello que más nos convenga aumentar (la renta).

El carácter regresivo de ese impuesto sobre el consumo (los pobres pagarían un mayor porcentaje de sus ingresos que los ricos) podría compensarse por un gasto progresivo de la recaudación (es decir, orientado a ayudar a los pobres), la institución de un impuesto sobre los artículos de lujo o manteniendo la imposición sobre las rentas elevadas.

Empleo. ¿Puede una economía sostenible mantener el pleno empleo? La cuestión es ardua; es muy probable que la respuesta haya de ser negativa. Para ser justos, también deberíamos preguntarnos si se puede alcanzar el pleno empleo en una economía regida por el libre mercado, la deslocalización, la inmigración sin cortapisas de fuerza laboral barata y la adopción de técnicas que economizan mano de obra. En una economía sostenible, el mantenimiento y las reparaciones cobran mayor importancia. Son servicios de mayor contenido en mano de obra y hasta cierto punto protegidos contra la deslocalización; por tanto, pueden proporcionar más puestos de trabajo.

Puede que sea necesario adoptar un enfoque más radical sobre las maneras de ganar dinero. Si la automatización y la deslocalización del trabajo dan lugar a que el capital (es decir, las empresas) perciban una parte mayor de los beneficios y, por consiguiente disminuya lo que reciben los trabajadores, será menos defendible el principio de vincular los ingresos a los puestos de trabajo. Una alternativa práctica puede ser el aumento de la participación en la propiedad de las empresas, de manera que los individuos perciban rentas a través de su participación en el negocio, en vez de por un trabajo a jornada completa.

Satisfacción. Una de las fuerzas impulsoras del crecimiento no sostenible ha sido el axioma de la insaciabilidad: cuanto más se consuma, más satisfecho se estará. Pero las investigaciones empíricas de economistas y psicólogos conducen a rechazar ese axioma. Abundan las pruebas —como los trabajos de Richard A. Easterlin, hoy en la Universidad del Sur de California— de que el crecimiento no siempre aumenta la satisfacción (o la utilidad o bienestar). La correlación entre la renta absoluta y el bienestar sólo llega hasta cierto umbral de "suficiencia", pasado el cual sólo la posición *relativa* influye en la propia evaluación del bienestar.

El crecimiento no puede incrementar las rentas relativas de todo el mundo. Provocará un aumento de la renta relativa de algunos, que será compensado por la caída de la renta relativa de otros. Y si todas las rentas aumentasen proporcionalmente, no crecería ninguna renta relativa y nadie se sentiría más satisfecho. El crecimiento se convertiría en una carrera de armamento en la que cada bando compensase los avances de la otra parte.

Es muy probable que los países ricos hayan llegado al "límite de futilidad" a partir del cual el crecimiento no produce un aumento de la satisfacción. No significa que haya muerto la sociedad de consumo; sólo, que elevar el consumo más allá del umbral de suficiencia, bajo el estímulo de una publicidad agresiva o por innatas apetencias de compra, ya no aumentaría la sensación de felicidad.

Una consecuencia fortuita es que el coste de la sostenibilidad, en términos de renuncia a satisfacciones, puede ser bajo para las sociedades que han alcanzado la suficiencia. La "imposibilidad política" de una economía sostenible puede ser menor de lo que podría parecer.

Si no realizamos los ajustes necesarios para el logro de una economía sostenible, el mundo estará cada vez más contaminado, esquilmadas las pesquerías, agotándose combustibles fósiles y otros recursos naturales. Durante algún tiempo, las pérdidas se podrán seguir disfrazando por el erróneo cómputo, basado en el PIB, que mide el consumo de recursos como una renta. Pero al final el desastre será perceptible. Costará evitarlo. Cuando antes se empiece, mejor.

El autor

Herman E. Daly es profesor en la Escuela de Políticas Públicas de la Universidad de Maryland. De 1988 a 1994 trabajó como economista en el departamento de ambiente del Banco Mundial, donde ayudó a formular las directrices políticas relativas al desarrollo sostenible. Es fundador y editor asociado de *Ecological Economics*, y autor de varios libros.

Bibliografía complementaria

WILL RAISING THE INCOMES OF ALL INCREASE THE HAPPINESS OF ALL? Richard Easterlin en *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 27, págs. 35-47; 1995.

HUMAN WELL-BEING AND THE NATURAL ENVIRONMENT. Partha Dasgupta, Oxford University Press, 2001.

ECOLOGICAL ECONOMICS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS. Herman E. Daly y Joshua Farley. Island Press, 2004.

MERCADOS
PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA

W. WAYT GIBBS

El mundo se enfrenta a no pocos problemas, y no faltan ideas para resolverlos. ¿Cuáles deben abordarse primero, y cómo? En este artículo se sopesan los pros y contras de las estrategias de mercado que convierten los valores ambientales en bienes que pueden comprarse y venderse

¿Cómo debe progresar la humanidad en las dos próximas generaciones? ¿Qué dificultades debemos abordar y en qué orden? ¿Qué comodidades, qué parte de nuestra libertad incluso, debemos sacrificar, si es que algo debemos sacrificar? Para estas preguntas quizás haya tantas respuestas como personas haya en el mundo que piensen en ellas. No todas esas respuestas serán igualmente acertadas, ni habrá una que no tenga vuelta de hoja. Se trata, en última instancia, de cuestiones que atañen a los valores morales y las preferencias de cada uno.

Los expertos pueden ayudarnos a conocer qué problemas son los más amenazadores, qué soluciones las más esperanzadoras y cuál sería el coste de actuar o de esperar. No está en manos de los científicos gobernar el rumbo de la humanidad, aunque nadie les negará capacidad y derecho para exhortarnos, igual que los colaboradores de este número monográfico nos instan a concentrarnos en acabar con la pobreza extrema, salvaguardar los "puntos calientes" de la biodiversidad, mejorar la infraestructura agrícola, incrementar el rendimiento de nuestro gasto energético y poner coto a las epidemias

La historia surge de la integración de innumerables alternativas, procesadas sobre todo por dos tipos de máquinas sociales imperfectas: los gobiernos y los mercados. Las dos no son igualmente competentes a la hora de fijar unas prioridades racionales y atenerse a ellas.

En las democracias, ni siquiera las maquinarias políticas más eficaces, atadas por los ciclos electorales, pueden buscar soluciones que resulten óptimas en lapsos de más de diez años. En las campañas electorales, la expresión "una nueva orientación" se emplea como sinónimo de mejora. La persistencia rara vez es premiada, y lo que una legislatura o un presidente decreta, el sucesor lo revoca desdeñosamente. Las incertidumbres científicas, que tanto dificultan cualquier problema relativo al ambiente, pueden atascar los sistemas de control y contrapeso con discusiones e indecisiones. La misma estructura de los gobiernos embota así sus reacciones ante los problemas multigeneracionales e interconectados que el mundo debe afrontar en el próximo medio siglo.

Hace tiempo que los economistas sostienen que, para muchos problemas sociales y ecológicos, los aparatos económicos que enfocan los instintos humanos de competición y adquisición hacia un bien global podrían lograr un mayor progreso, a un ritmo más veloz y a un precio menor, que los métodos de "mando y control" tradicionalmente empleados por los gobiernos. Tras un largo período de escepticismo, los organismos reguladores, las instituciones internacionales y las organizaciones filantrópicas están abrazando esa idea. Se han creado mercados para frenar el calentamiento global, salvar las cuencas hidrográficas, detener la sobrepesca y proteger las especies amenazadas.

Cuando están bien ideados y atentamente vigilados, sostienen sus defen-

1. NO ES TAREA FACIL dar con el equilibrio justo entre los deseos contrapuestos de la humanidad. No siempre saltan a la vista las contrapartidas, y a veces la solución de un problema agudiza los demás.

SLIM FILMS



Bienestar
Salud
Alimentos
Paz
Ambiente
Trabajo

sores, tales mercados pueden ser tan eficientes, autosuficientes y expertos ante los riesgos e incertidumbres como la bolsa de valores. Un sistema comercial concilia con mayor facilidad la amplia gama de valores de quienes participan en él, ya que convierte esas preferencias dispares en un mediador común: el dinero. Pero incluso entre los economistas sensibles al entorno ambiental, este planteamiento tiene contestatarios: bajo las palabras "bien ideados" y "atentamente vigilados" se esconden las peores complicaciones.

La prueba del ácido

Gran parte del actual entusiasmo por la regulación mediante los mercados tiene su origen en los resultados de un programa piloto lanzado en EE.UU. en 1990. Aquel año el Congreso enmendó la Ley de la Limpieza Atmosférica al objeto de establecer un mercado de los permisos que las centrales eléctricas deben poseer para liberar dióxido de azufre (SO_2) —uno de los grandes culpables de la lluvia ácida— por sus chimeneas. Desde entonces, la Agencia para la Protección Ambiental (EPA) subasta cada año los permisos de contaminación. La legislación federal limita el número de toneladas de emisiones de SO_2 para los que la EPA puede expender permisos y rebaja el límite periódicamente; el precio de cotización del permiso para una tonelada lo fija la ley de la oferta y la demanda.

Quienes redactaron las normas esperaban que los mayores contaminadores hicieran mejoras a su alcance para rebajar sus emisiones, de tal modo que luego pudieran vender con beneficios sus permisos sobrantes a centrales más limpias, en las cuales mejoras ulteriores resultarían prohibitivas. Así, el mercado encaminaría las inversiones hacia donde fueran más beneficiosas para el medio. El cumplimiento se comprueba con monitores que conectan las chimeneas a los ordenadores de la EPA.

Según la EPA, el plan espoleó las ventas de sistemas filtrantes de SO_2 hasta el punto de que su precio bajó un 40 por ciento durante el decenio de 1990; además, su eficacia subió del 90 al 95 por ciento. Conforme ha disminuido el límite fijado en los permisos de SO_2, lo mismo ha ocurrido con la acidez de las precipitaciones en los estados norteños.

Los economistas de Recursos para el Futuro (RFF), instituto independiente de economía ambientalista radicado en Washington, prevé que el recorte de emisiones costará mil millones de dólares al año en 2010, de un 30 a un 50 por ciento menos que si la EPA se hubiera limitado a fijar para cada central un nivel de emisión específico. Este programa estadounidense de reducción del dióxido de azufre inyectado en la atmósfera se ha pregonado una y otra vez como un triunfo inequívoco de la economía de mercado libre y ha servido como modelo de otros planes basados en la táctica de "poner un tope y comerciar permisos".

Pero la victoria del programa dista de ser completa. El daño que pretendía remediarse con él —la acidez de lagos y cursos de agua— persiste. Un análisis de 2001, debido a Charles T. Driscoll, de la Universidad de Syracuse, y otros nueve científicos, concluía que para numerosas cuencas del noroeste de EE.UU. el plan de reducción de emisiones establecido por el Congreso es demasiado pacato para lograr una recuperación ecológica dentro de los próximos 25 o 50 años. La EPA ha informado de que entre dos tercios y tres cuartos de las aguas superficiales del Medio Oeste septentrional, los Adirondacks y la meseta de los Apalaches que eran ácidas en 1990, seguían siéndolo en 2002.

El mercado de permisos de SO_2 adolece de un fallo de concepción, observan los economistas de RFF: como sólo el Congreso (y los expertos de la EPA) pueden ajustar los límites de las emisiones, el sistema no ha reaccionado a los nuevos estu-

ENCRUCIJADA DE PRIORIDADES

EL PROBLEMA:

- Durante los próximos cincuenta años, muchos de los problemas ambientales y humanitarios del mundo se agudizarán. Ya compiten por atraer a sí las cantidades limitadas de atención, esfuerzo y dinero de que se dispone. La pugna por los recursos podría intensificarse aún más.
- Los gobiernos, los organismos internacionales y otros agentes poderosos han perseguido objetivos incompatibles o volátiles que no han logrado comprometer al sector privado. En esas circunstancias, el avance tiende a ser innecesariamente lento y costoso.

EL PLAN:

- Expertos de muy diverso origen y formación han coincidido en algunas soluciones comunes, a la vez factibles y rentables.
- En todo el mundo asistimos al establecimiento de nuevos mercados que, se espera, incentiven la contención del cambio climático, mejoren la gestión de las aguas dulces, recuperen caladeros esquilmados y preserven la biodiversidad. Idealmente, esos mercados aprovecharán la ambición humana poniéndola al servicio del bien global. Pero aún les faltan muchos de los ingredientes propios de los mercados efectivos.



Las cuotas de pesca comerciables han tenido éxito donde han fracasado las limitaciones a las capturas.

JEFFREY L. ROTMAN *Corbis*

¿TODOS A FAVOR?

Como en una rara conjunción de planetas, diversos encuentros de prominentes economistas, políticos, científicos e incluso estrellas del espectáculo han llegado, por caminos diferentes, a establecer unas prioridades a largo plazo en buena medida coincidentes. Las Metas para el Desarrollo del Milenio, aprobadas por la ONU en 2000, sirvieron de inspiración común. Esos objetivos se centran más en los problemas que en las soluciones, asombran por lo ambiciosos y no ponderan los costes relativos. Por ello, no sugieren un plan de acción inmediato. Sí fijan unos hitos a los que comparar los planes, lo que contrasta con el vago mandato usual de "hay que hacer algo".

Una controvertida reunión de economistas, el "Consenso de Copenhague", propuso en mayo de 2004 algunas medidas concretas. Organizada por Bjorn Lomborg, autor de *El ecologista escéptico,* a la sazón director del Instituto de Valoración Ecológica de Copenhague, la reunión convocó a un grupo de ocho conocidos economistas, entre ellos, por entonces, tres premios Nobel, para juzgar 38 propuestas acerca de cómo afrontar diez grandes problemas mundiales. Diez defensores y 20 oponentes, asimismo economistas, estudiaron antes unos análisis preliminares de las intervenciones propuestas y estimaron sus posibles costos y los beneficios potenciales. Seguidamente, Lomborg pidió al grupo que, por análisis de costos y beneficios, clasificaran las medidas propuestas; determinaban así el mejor modo en que el mundo podría gastar 50.000 millones de dólares adicionales sobre la cantidad que ya gasta en ayuda internacional.

Los economistas presentaron una lista, pero rehusaron basarla exclusivamente en las relaciones costo-beneficio y quitaron importancia a la clasificación. "Lomborg se hacía una idea exagerada de las posibilidades del análisis de coste y beneficios", comentó Thomas C. Schelling, de la Universidad de Maryland, uno de los jueces, al que ahora se acaba de conceder el premio Nobel de economía. "Todo lo que calificamos de 'bastante bueno', 'bueno' y 'muy bueno' era en realidad muy bueno."

Las propuestas preferidas por los expertos del Consenso de Copenhague incluían, quizás inesperadamente, una multitud de programas de ayuda a la vieja usanza. Concluían los economistas que los países ricos deberían gastar 12.000 millones de dólares más en distribuir complementos alimenticios de hierro, vitamina A y otros micronutrientes para mitigar la desnutrición. Veintisiete mil millones más deberían dedicarse a aumentar el uso de preservativos para salvar del sida a 30 millones de personas en Africa y Asia. Y las inversiones recomendadas para el programa *Roll Back Malaria* deberían aumentarse en 13.000 millones de dólares. Las técnicas hidráulicas a pequeña escala y los abastecimientos de agua a aldeas que describe Paul Polak en este mismo número consiguieron altas puntuaciones, al igual que los planes para combatir el hambre y la mortalidad infantil, por los que aboga Jeffrey Sachs. Pero la única actuación que rendiría el mayor beneficio al mínimo coste, convinieron todos los economistas, consistiría en liberar al comercio mundial de los subsidios y tarifas que en los países ricos apoyan la agricultura y las empresas a expensas de sus iguales en los países más pobres.

Los argumentos de los economistas respaldan los planes ya en gestación entre políticos e instituciones internacionales. La Fundación Mundial contra el Sida, la Tuberculosis y la Malaria anunció que elevaría hasta más de mil millones de dólares los fondos que dedicaría desde 2002 a luchar contra el paludismo a escala mundial. El 30 de junio, el presidente George W. Bush declaró que EE.UU. añadiría 1200 millones de dólares, a lo largo de cinco años, a la ayuda que su país envía al Africa subsahariana con el mismo propósito. Y el 8 de julio, los líderes de los países del Grupo de los Ocho (G-8) comprometieron 1500 millones de dólares más para la misma causa.





TANTO EN LOS ACTOS DE LIVE 8 (*arriba*) como en las reuniones del G-8 (*abajo*) se coincidió en aliviar la pobreza, el paludismo y las deudas de Africa.

SERGIO DIONISIO *AP Photo (arriba)*; VIRGINIA MAYO *AP Photo (abajo)*

En enero de 2005, el Proyecto del Milenio de la ONU pedía que se doblara la ayuda mundial a los países pobres, especialmente los africanos, para que puedan cumplirse los objetivos previstos para 2015. En julio, centenares de miles de asistentes a los conciertos Live 8 en nueve países oyeron a los músicos que intervinieron en ellos instar a los líderes mundiales a doblar la ayuda internacional, cancelar las deudas de los países pobres y retirar los subsidios y otras barreras comerciales a los productos agrícolas.

Una semana después, los líderes del G-8 prometieron elevar sus presupuestos de ayuda de modo que el auxilio oficial al desarrollo de Africa llegue hasta 50.000 millones de dólares anuales en 2010, más del doble de la ayuda concedida en 2004. El grupo acordó también condonar el total de la deuda contraída con el Fondo Monetario Internacional y otras dos agencias internacionales por dos docenas de los países más pobres.

"Deseamos trabajar con la UE para eliminar los subsidios agrícolas en nuestros respectivos países", dijo Bush. "Cabe esperar que en 2010 la Ronda Doha (unas negociaciones internacionales iniciadas por la Organización Mundial del Comercio en 2002) alcance ese objetivo."

Pero como los desacuerdos en la reunión del G-8 acerca de las limitaciones sobre el gas invernadero dejaban lamentablemente claro, el nuevo consenso llega sólo hasta ahí. Cuando se trata de actuar contra el calentamiento global y otras cuestiones ecológicas apremiantes, las soluciones políticas —como el programa de reducción voluntaria de emisiones de la administración Bush y el Convenio de la ONU sobre la Diversidad Biológica de 1992— no han estado a la altura de las circunstancias. Por ello, reguladores y activistas de todo el mundo han venido intentando reorganizar los incentivos económicos con la esperanza de que las fuerzas del mercado triunfen allá donde fracasaron los políticos.

dios científicos que muestran que los dióxidos de azufre son más dañinos para los humanos de lo que venía creyéndose y que las aguas ácidas se recuperan con lentitud mayor de la esperada. La lección es que los supervisores del mercado necesitan la potestad, análoga a la que tiene la Reserva Federal de controlar las reservas monetarias, de retocar los límites mientras se despejan las dudas científicas.

El tratado de Kyoto

Por desgracia, la lección no se aplicó cuando los países ricos del mundo (salvo Australia y EE.UU.) acordaron en el protocolo de Kyoto de 1997 reducir sus emisiones de gas de invernadero mediante un sistema de “poner un tope y comerciar permisos”, o “mercado del carbono”, que ya operan en la Unión Europea. Los riesgos del calentamiento global se han hecho más claros desde 1997, pero los límites de emisión negociados entonces valdrán hasta 2012, si otras complicaciones del mercado del carbono no deshacen antes el protocolo.

Al igual que las enmiendas a la Ley de Limpieza Atmosférica, el protocolo de Kyoto ha creado de la nada un nuevo producto, en su caso un permiso para emitir gases de invernadero con una capacidad de caldeo equivalente a la de una tonelada de dióxido de carbono. Los gobiernos reparten esos permisos entre centrales eléctricas, siderúrgicas e industrias pesadas dentro de sus fronteras. Algunos países, como Rusia, poseen más permisos de los que necesitan, porque sus economías han menguado desde 1990. (Se considera a esos permisos letra muerta; para muchos países, son inaceptables por razones políticas.) La oferta de permisos en el conjunto de Europa es inferior a la demanda y aún se reducirá más a principios de 2008.

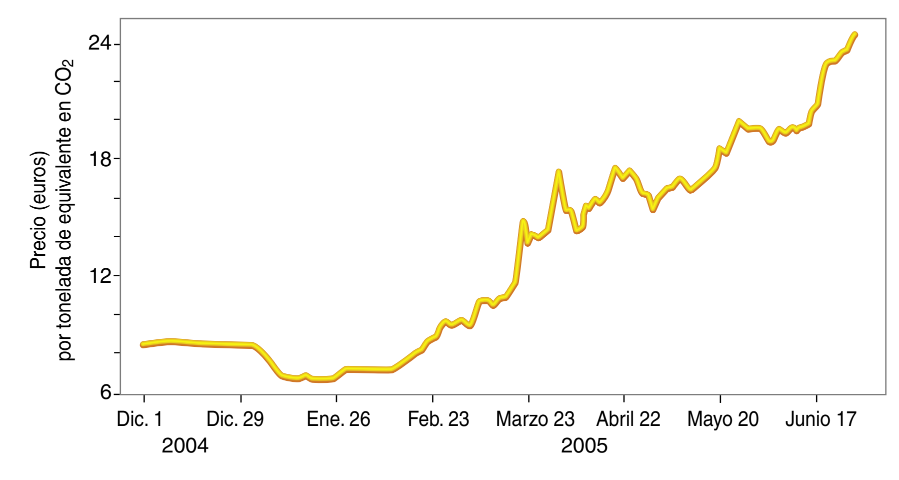
Desde que se abrió ese mercado, la rebatiña entre países y empresas por hacerse con los permisos de emisión ha hecho que el volumen de transacciones se remonte hasta los dos millones de toneladas diarias. Los precios de los permisos se han disparado desde unos 9 nueve dólares por tonelada, al comienzo, hasta 35 dólares por tonelada en julio de este año, mucho más que lo esperado por la mayoría de los economistas. A algunas compañías eléctricas les resultan ahora más caros que el carbón los permisos para producir un kilowatt-hora quemando carbón.

Ante precios altos, los compradores de los permisos tiende a aprovechar un nuevo elemento del mercado del carbono: el comercio de “compensaciones”, o reducciones en la contaminación conseguidas gracias a los “proyectos de desarrollo limpio” en el Tercer Mundo. Las industrias pueden emplear un número limitado de compensaciones de carbono como sustitutos de bajo precio de los permisos.

En una conferencia reciente celebrada en Amsterdam, varios inversores describieron una serie de proyectos creadores de compensaciones. Uno, en Brasil, ha cubierto dos enormes basureros y está quemando el metano que emiten para generar electricidad, reduciendo así las emisiones de gas de invernadero en un equivalente anual a 670.000 toneladas de dióxido de carbono. Otro, en China, está instalando un parque eólico para producir energía limpia equivalente a una disminución de 51.000 toneladas anuales de CO_2. Honduras está poniendo en servicio tres pequeños proyectos hidroeléctricos que le permitirán vender electricidad y también compensaciones. En principio, esos proyectos permiten que las economías más pobres crezcan más rápida y limpiamente, a la vez que ayudan a los países europeos a cumplir con sus compromisos de Kyoto con menos esfuerzo financiero. (España compraba el derecho de emisión de nueve millones de toneladas de dióxido de carbono a la Confederación Andina de Fomento, ahorrados en proyectos de desarrollo limpio.)

Pero las complicaciones burocráticas han llevado el proceso a la crisis. Desde principios de julio, los inversores han presentado formalmente 170 proyectos para que los apruebe un comité ejecutivo nombrado por la ONU y ya están preparando centenares más, pero el comité sólo ha autorizado el pase al mercado de 12. Hasta ahora, ninguno de los proyectos ha declarado ni una sola “reducción certificada de emisiones” —lo que realmente se intercambia en una compensación— porque la ONU no ha logrado cualificar a una organización financiera que se responsabilice de esas certificaciones. En la reunión de Amsterdam, muchos de los directores de proyecto avisaron de que el sistema no tardará en derrumbarse a menos que la ONU alivie el atasco burocrático.

Sin una disponibilidad amplia de compensaciones, muchos países acabarían por acudir a otros expedientes para cumplir con los objetivos que les marcó Kyoto. La consultoría Natsource calcula que la UE, Japón y Canadá emitirán unos 3500 millones de toneladas más de lo que permite el protocolo durante el período de 2008 a 2012. Kristian Tangen, analista de Point Carbon (Noruega), sitúa el desfase más cerca de los cinco mil millones de toneladas. Su firma ha predicho que los proyectos de desarrollo limpio generarán acredi-



2. LA PUGNA POR LOS PERMISOS DE EMISION ha disparado sus precios. En julio de 2005, el precio de los permisos para producir un kilowatt-hora quemando carbón superaba al del mismo carbón.

JEN CHRISTIANSEN; FUENTE: POINT CARBON

LA EXPLOTACION AGRARIA DEL FUTURO

Si los distintos tipos de permisos ecológicos tienen el éxito esperado en los mercados, la mitad de los ingresos de una explotación agraria podrían proceder de servicios prestados al ecosistema que antes se daban gratuitamente. Las futuras explotaciones tendrían una cartera de ofertas de servicios ambientales orientada a clientes muy diversificados.

ACREDITACIONES POR BIODIVERSIDAD

Organizaciones conservacionistas arriendan los derechos de explotación con que cuentan los propietarios de bosques no explotados y otros espacios naturales que albergan especies endémicas amenazadas y ecosistemas en trance de desaparición rápida.



ACREDITACIONES POR COMPENSACIONES DE CO_2

Cuando los terratenientes planten nuevos bosques y se comprometan a no talar ni quemar nunca los árboles, recibirán permisos de compensación de CO_2, que las industrias les comprarán para poder cumplir las restricciones impuestas a las emisiones de gas invernadero.

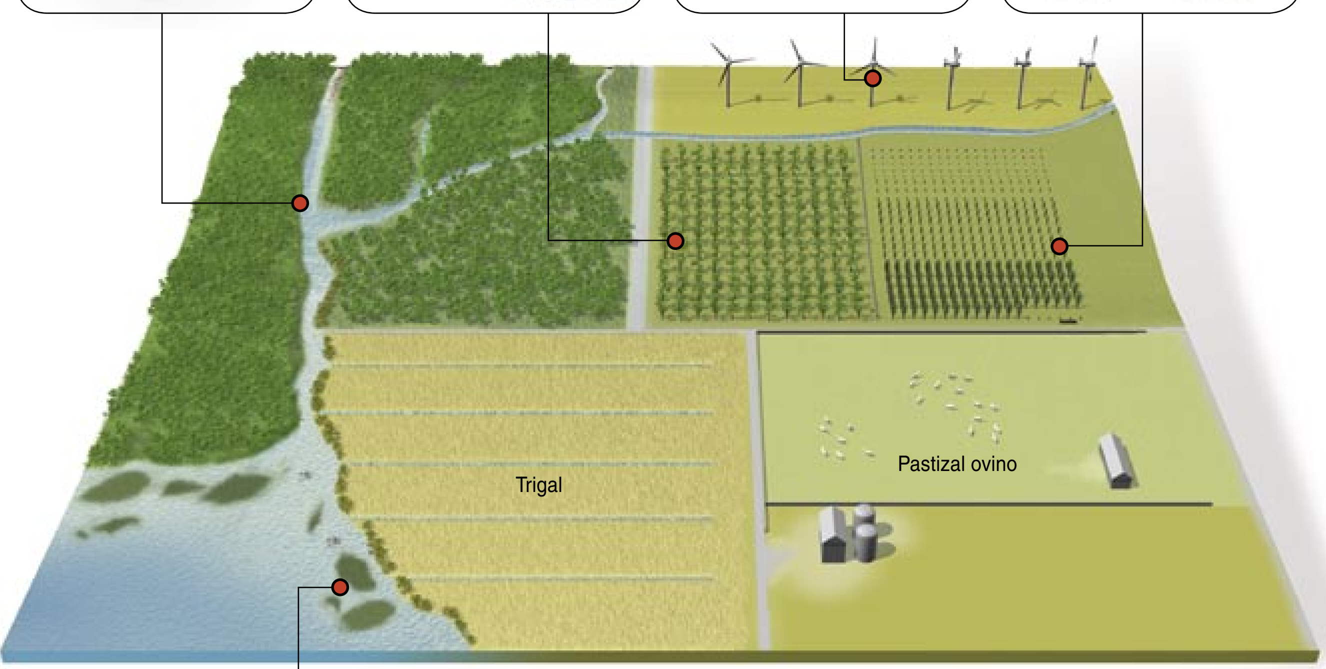
ELECTRICIDAD RENOVABLE

Los parques eólicos generan una electricidad no contaminadora que disfruta de precios primados en los mercados energéticos no regulados. Los generadores podrían también gozar de desgravaciones fiscales, como subvención a los costes de inversión y explotación.

MADERA SOSTENIBLE CERTIFICADA

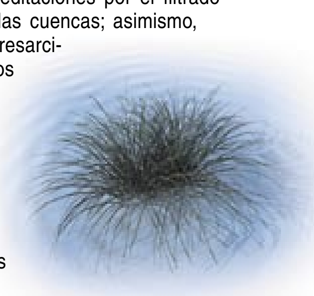
La madera de talado sostenible sería entonces uno de los muchos productos "ecoetiquetados" que se certificarían como ecológicamente válidos y se venderían con prima en los mercados correspondientes.





ACREDITACIONES POR AGUA

Numerosas razones vuelven económicamente valiosa una cuidadosa administración del agua y de los humedales. Los responsables del abastecimiento urbano comprarían acreditaciones por el filtrado del agua para proteger la calidad de las cuencas; asimismo, los propietarios de humedales serían resarcidos por los gobiernos por sus servicios en el control de inundaciones, por las organizaciones conservacionistas por preservar las zonas de paso de aves migratorias acuáticas y por las cooperativas agrícolas por la prevención de los aumentos de salinidad del suelo a causa de la explotación excesiva de los acuíferos subterráneos



PRODUCTO	PORCENTAJE DE LOS INGRESOS	CLIENTE
Acreditaciones por biodiversidad	5	Fundaciones conservacionistas
Acreditaciones por compensaciones de CO_2	10	Acererías
Electricidad renovable	15	Mercado energético
Madera sostenible certificada	20	Mercados especializados
Acreditaciones por agua	20	Compañías de suministro urbano
Trigo	15	Mercado mundial
Lana	15	Mercado mundial

BRYAN CHRISTIE DESIGN; FUENTE: FORESTS NSW

CONSTITUCION DE LOS MERCADOS ECOLOGICOS

Se están organizado mercados en distintos lugares del globo con el propósito de canalizar la competencia y los intereses privados en beneficio del ambiente. Pero aún es pronto para juzgar si esos nuevos sistemas de compraventa tendrán éxito. Los mercados funcionan bien sólo cuando unos productos bien definidos permiten unas transacciones claras, cuando una supervisión fiable inspira confianza y cuando los volúmenes de transacción son lo bastante elevados para alentar la competencia.

Objetivo	Productos	Suministradores	Clientes	Lonja supervisora	Volumen de transacción
Prevención del calentamiento global	**Unión europea y Australia:** Permisos para emitir gases invernadero equivalentes a una tonelada métrica de dióxido de carbono; acreditaciones por “compensaciones” y por eliminación de emisiones por tonelada equivalente de CO_2 reducida o no producida	Los gobiernos reparten las licencias; los proyectos de eficiencia energética y de captura de gas de invernadero generan los créditos	Compañías eléctricas, metalisterías y otros sectores industriales; organizaciones industriales	**EE.UU.:** Múltiples **Australia**: La organización Forests NSW	**EE.UU.:** Transacciones diarias de permisos por valor de hasta dos millones de toneladas **Australia**: 166.000 acreditaciones de eliminación de emisiones
Protección de cuencas	**EE.UU.:** Unidades de un acre (0,4 Ha) de humedal recuperado o creado **México**: unidades de una hectárea de bosque respetado	**EE.UU.:** Bancos de preservación de humedales **México**: Propietarios de bosques	**EE.UU.:** Promotores inmobiliarios que dañen humedales **México**: Consumidores de agua y servicios forestales	**EE.UU.:** Bancos de conservación monitorizados por el gobierno **México**: Inspectores voluntarios verifican la conformidad	**EE.UU.:** Más de 9000 Ha de humedales salvaguardados en bancos **México**: 308.000 Ha bajo contrato
Conservación de espacios naturales	**EE.UU.:** Unidades de un acre de espacio natural en peligro salvado **Costa Rica**: unidades de una hectárea de bosque	**EE.UU.:** Bancos de conservación privados **Costa Rica**: Terratenientes	**EE.UU.:** Promotores inmobiliarios que dañen espacios naturales de especies amenazadas **Costa Rica**: Gobierno, organizaciones filantrópicas	**EE.UU.:** Bancos de conservación monitorizados por el Servicio de Piscicultura y Reservas Naturales de EE.UU. **Costa Rica**: Gobierno	**EE.UU.:** Unas 44.000 Ha en bancos de conservación desde mayo de 2005 **Costa Rica**: Unos once millones de hectáreas
Caladeros sostenibles	**EE.UU.** y **Nueva Zelanda:** Licencias para pescar un volumen fijado de las especies de peces designadas	Los gobiernos asignan las licencias en función de las poblaciones piscícolas; los pescadores que se retiran venden sus cuotas	Flotas pesqueras	Agentes autorizados por el gobierno e inspectores de pesca, tales como FishServe de Nueva Zelanda	Miles al año en EE.UU., Nueva Zelanda y otros países

FUENTES: ECOSYSTEM MARKETPLACE; FORESTS NSW; CONAFOR; POINT CARBON

taciones negociables equivalentes tan sólo a 30.000 millones de toneladas en 2007 y a menos de mil millones de toneladas en 2012.

Salvo unas inversiones masivas destinadas a mejorar la eficiencia como las que propone Amory B. Lovins en este mismo número, las presiones políticas sobre esos países para comprar “letra muerta” a Rusia pueden hacerse irresistibles. Con esto presente, Toshiyuki Sakamoto, del Ministerio de Economía de Japón, duda de que ese instrumento resulte eficaz para el cambio climático.

Para que el comercio de emisiones haga mella en el calentamiento global, debe participar EE.UU. Ahora parece posible. En diciembre de 2004, la Comisión Nacional de Política Energética instó a los legisladores estadounidenses a que autorizaran un sistema obligatorio de “poner un tope y comerciar permisos” para las emisiones que contribuyan a calentar el clima. En junio de 2005, el Senado votó un plan en ese sentido, presentado por John McCain y Joseph Lieberman, y lo rechazó por segunda vez en dos años. Menos de un mes después, sin embargo, el Senado aprobó una resolución no vinculante a favor de “limitaciones obligatorias basadas en el mercado” de la contaminación por gases de invernadero.

Mientras, nueve estados del noroeste han prometido que formarán un mercado regional del carbono. Los participantes están aún negociando arduamente las normas que regirán las transacciones y se dice que están considerando brindar a las compañías eléctricas de sus estados la opción de adquirir concesiones en el mercado de licencias de la Unión Europea y acreditaciones de compensaciones generadas por proyectos de desarrollo limpio.

Muchos expertos avisan que el mercado del carbono es un experimento de alto riesgo que, sin embargo, aún tiene que afrontar sus pruebas más difíciles. Ruth Greenspan Bell, analista de RFF que ha trabajado largo tiempo en Asia, recuerda que se ha acusado a Enron de haber cometido numerosos fraudes en el mercadeo de energía, y señala casos de compañías sorprendidas defraudando en sistemas de “poner tope y comerciar permisos” de Nueva Jersey, California y Reino Unido. Se pregunta qué no ocurrirá en países con menos controles públicos.

El diablo, en los detalles

Explica Bell que, para funcionar bien, un mercado no sólo requiere vendedores, compradores y productos en cantidades limitadas. La competencia prospera sólo cuando los productos están normalizados y perfectamente especificados. Los grandes inversores exigen confianza y liquidez: un sistema de intercambio fiable y unos volúmenes de transacción altos, que permitan a los participantes en el mercado vender cuando lo deseen.

Muchos de los nuevos mercados de servicios ecológicos andan escasos de uno u otro ingrediente. Y como sugiere la experiencia con las transacciones de dióxido de azufre, tal sistema puede funcionar bien pero no cubrir su objetivo ecológico final.

Ahora bien, conforme se establecen mercados para proteger reservas de agua, conservar espacios naturales y administrar caladeros de pesca, cada uno avanza un paso en el proceso de aprendizaje. E incluso unos resultados decepcionantes pueden ser mejores que lo que sin tales medidas hubiera ocurrido. Por ejemplo, la Ley de Aguas Puras de 1972 reconocía la utilidad de los humedales para la limpieza de las reservas de agua, la reducción de sequías e inundaciones y como refugio de especies valiosas. Por ello, la ley exigía a los constructores que restituyeran tanta superficie de humedal como destruyeran. Lo que no impidió que siguieran desapareciendo pantanos y marismas, con más de 2,5 millones de hectáreas dañadas por el urbanismo desde 1988 a 1995, según el Departamento del Interior de EE.UU.

Por ello, hace unos diez años el gobierno dio un golpe de timón. Consintió que los promotores inmobiliarios comprasen acreditaciones de conservación a bancos privados de restauración de humedales, en vez de encargarse ellos mismos del mantenimiento compensatorio de zonas pantanosas. De repente, la salvación de humedales dejó de ser una carga para convertirse en una oportunidad de negocio. Uno de esos bancos compró y recuperó 83 Ha de tierra pantanosa en los Meadowslands de Nueva Jersey a 165.000 dólares la hectárea, y luego vendió acreditaciones de recuperación de humedales a promotores inmobiliarios (que los necesitaban para conseguir licencias de construcción) al precio de 375.000 dólares la hectárea restaurada, ganando 17,5 millones de dólares en el negocio. Los bancos de restauración han florecido y los 500, más o menos, ahora activos en EE.UU. han recuperado unas 9200 hectáreas y vendido unos 300 millones de dólares en acreditaciones, según Ecosystem Marketplace. En EE.UU., el Servicio Nacional de Piscicultura y Reservas Naturales inició un programa similar de bancos de conservación para ayudar a la conservación de especies amenazadas.

En EE.UU., el mercado de emisiones de dióxido de azufre fue acogido triunfalmente, pero la mayoría de los lagos y corrientes de agua a cuya salvación se destinaba siguen tan ácidos como siempre.



No se han recuperado los bosques afectados por la lluvia ácida

JONATHAN BLAIR *Corbis*

En México, el Servicio Nacional de Silvicultura ha empezado a pagar a los terratenientes de 27,5 a 37,6 dólares por hectárea y año por no talar ni convertir en pastos la tierra de su propiedad en ciertas regiones importantes para las reservas de agua, la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas de montaña. Satélites de vigilancia e inspectores voluntarios se encargan de hacer cumplir esos contratos de cinco años, que afectan a 308.000 Ha desde diciembre pasado y costarán al gobierno 150 millones de dólares o más mientras traspasa gradualmente la financiación a los consumidores de agua. Por alentador que parezca, las tierras boscosas conservadas no son sino una pequeña fracción de las 250.000 Ha deforestadas en México cada año. Ampliar el programa es difícil, observa uno de sus gestores, porque sólo el 15 por ciento del terreno boscoso mexicano es de propiedad privada; el resto es casi todo comunal.

La regulación de los caladeros a través del mercado es un ejemplo claro de sistema "todos ganan". En 1995, EE.UU. introdujo cuotas comerciables para regular la pesca del fletán en Alaska, que había menguado hasta el punto de que la temporada se redujo a sólo 48 horas al año. Ofreciendo a los pescadores un derecho en propiedad de capturar un cierto número de peces y facilitando un medio fácil de retirarse (vender la cuota), el sistema redujo el abastecimiento excesivo a la vez que permitía que la población de peces se recuperara. Este año, la temporada del fletán dura 258 días. El sistema de cuotas comerciables más expansivo es el neozelandés, que cubre 93 especies.

Por ahora, la limitada experiencia da a entender que, en el mejor de los casos, los mercados funcionan bien en algunas regiones y para algunos ecoservicios, pero apenas se nota su efecto en otras. En una sección de *Evaluación de Ecosistemas del Milenio*, informe de la ONU publicado en mayo, se advierte de que "la promoción de los resultados 'todos ganan' ha sido políticamente correcta en el mejor de los casos e ingenua en el peor", porque aunque todo un país, o toda la humanidad, se beneficie de restringir el acceso a un recurso natural, el coste lo pagan unos cuantos grupos locales. El comercio no siempre permite que los más poderosos reembolsen a los menos. Esa es la razón, según Robert T. Watson, portavoz del Banco Mundial para el cambio climático, de que resulte probable que los mercados no den resultado por sí solos, como tampoco parece que los gobiernos logren por sí solos sus metas.

Bibliografía complementaria

THE NEW ECONOMY OF NATURE. Gretchen C. Daily y Katherine Ellison, Island Press, 2002.

TRADING CASES. James Boyd y otros en *Environmental Science and Technology*, vol. 37, n.º 11, págs. 216A-223A, 1 de junio, 2003.

GLOBAL CRISIS, GLOBAL SOLUTIONS. Dirigido por Bjord Lomborg, Cambridge University Press, 2004.

LIQUID ASSETS. Catherine Ellison y Amanda Hawn en *Conservation Practice*, vol. 6, n.º 2, abril-junio 2005.

MAS RIQUEZA CON MENOS CARBONO

AMORY B. LOVINS

Si primásemos la eficiencia energética, no sólo protegeríamos el clima. Empresas y consumidores percibirían beneficios económicos

Un malentendido desvirtúa el debate acerca del clima. Los expertos que hablan en nombre de uno u otro lado durante la disputa sostienen que la protección del clima obliga a un compromiso entre el ambiente y la economía. Creen que al quemar menos combustibles fósiles para refrenar o impedir el calentamiento global aumenta el coste de satisfacer las demandas energéticas de la sociedad. Afirman los ecologistas que el coste sería un poco mayor, pero valdría la pena; los escépticos, entre ellos altos cargos del gobierno de EE.UU., advierten de que los gastos adicionales serían prohibitivos. Pero ambas partes están equivocadas. Adecuadamente conducida, la protección climática *reduciría* los costes, no los aumentaría. Un aprovechamiento más eficiente de la energía brindaría un filón económico, no ya por los beneficios que supondría detener el calentamiento global, sino también porque ahorrar combustibles fósiles es mucho más barato que comprarlos.

En el mundo abundan los métodos de eficacia comprobada para emplear la energía más productivamente. Diversas empresas los están ya aplicando. Durante la última década, la empresa DuPont ha incrementado su producción en casi un 30 por ciento; sin embargo, ha reducido el gasto energético en un 7 por ciento y las emisiones de gas de invernadero en un 72 por ciento (medidas en función de su equivalente en dióxido de carbono), con un ahorro hasta ahora de más de dos mil millones de dólares. Otras cinco firmas importantes —IBM, British Telecom, Alcan, Norske Canada y Bayer— han ahorrado en conjunto otros dos mil millones de dólares desde comienzos de los años noventa y han reducido en más de un 60 por ciento sus emisiones de carbono. En 2001, la petroquímica BP cumplía el objetivo que se había impuesto de reducir sus emisiones de dióxido de carbono para 2010 a un diez por ciento menos que sus emisiones de 1990; en diez años redujo su factura energética en 650 millones de dólares. Y en mayo de 2005, General Electric se comprometió a elevar su eficiencia energética en un 30 por ciento para el año 2012; persigue así aumentar su valor accionarial. Estas empresas, y decenas como ellas, saben que la eficiencia energética mejora la cuenta de resultados y rinde unos beneficios adicionales aún más valiosos: aumento de la calidad y fiabilidad en sus plantas, aumento del 6 al 16 por ciento en la productividad de la mano de obra en

1. LA QUEMA DE COMBUSTIBLES FOSILES, amén de contribuir al calentamiento global, dilapida el dinero. Mejorando la eficiencia energética en fábricas, edificios, vehículos y artículos de consumo se reduciría el consumo de carbón y combustibles derivados del petróleo, conteniéndose el daño al clima terrestre y ahorrándose a la vez inmensas cantidades de dinero para empresas y hogares.

CARY WOLINSKY (*fotografía*); JEN CHRISTIANSEN (*fotomontaje*)



unas instalaciones más eficientes y aumento de las ventas de un 40 por ciento en unos locales comerciales diseñados para que los ilumine sobre todo la luz diurna.

Actualmente, EE.UU. gasta un 47 por ciento menos de energía por dólar de producción que hace 30 años, lo que rebaja los costes en mil millones de dólares diarios. Tales ahorros actúan a modo de enorme reducción fiscal, que va asimismo recortando el déficit federal. Lejos de frenar el desarrollo global, unas facturas energéticas más bajas lo aceleran. Y hay muchas más economías posibles en cada etapa de la producción, distribución y consumo de la energía. Convertir en las centrales eléctricas el carbón en la energía que luego será luz en nuestras viviendas tiene un rendimiento de sólo el 3 por ciento. La mayor parte del calor que se desperdicia, por ejemplo, en las centrales eléctricas estadounidenses —una energía superior en un 20 por ciento a la que gasta Japón en todos los usos—, podría reciclarse lucrativamente. En EE.UU., alrededor del 5 por ciento de la electricidad doméstica se pierde en dar energía a ordenadores, televisores y otros aparatos apagados. (La electricidad desperdiciada a causa de los circuitos de espera mal diseñados equivale a la producción de una docena de centrales de 1000 megawatt funcionando a toda su potencia.) En total, el despilfarro energético evitable cuesta, sólo a los estadounidenses, centenares de miles de millones de dólares; en la economía mundial, el desperdicio es de alrededor de un billón de euros al año, perdidos en desestabilizar el clima sin ningún provecho.

Si la eficiencia energética posee tal potencial, ¿por qué no nos esforzamos en lograrla? Para empezar, muchos confunden la eficiencia (hacer más con menos) con las restricciones, las incomodidades o las privaciones. Otro obstáculo es que los consumidores desconocen cuán beneficioso les sería mejorar la eficiencia, ya que la energía se ahorra en millones de detalles, no mediante cambios a gran escala. La mayoría no puede prestar tiempo ni atención a informarse acerca de las modernas técnicas de mejora de la eficiencia, que evolucionan a un ritmo que ni los expertos pueden seguir. Además, las subvenciones a cargo de los contribuyentes han hecho que la energía parezca barata. Aunque la administración norteamericana ha declarado prioritaria la mejora de la eficiencia energética, ese compromiso es retórico. Normas y costumbres muy arraigadas bloquean los esfuerzos por mejorar los rendimientos, si no premian el despilfarro. Sin embargo, ciertos cambios no demasiado complejos convertirían esos obstáculos en oportunidades de hacer negocio.

La mejora de la eficiencia es una medida vital para conseguir un sistema energético que no resulte perjudicial para el clima, pero a la adopción de combustibles que emitan menos carbono también le toca un papel importante. La economía mundial ya está prescindiendo del carbono: en los dos últimos siglos, los combustibles ricos en carbono, como el carbón, han cedido el paso a combustibles con menos carbono (petróleo y gas natural) o carentes del mismo (fuentes renovables, como la energía solar o la eólica). Hoy, menos de un tercio de los átomos de combustible fósil quemados son de carbono; el resto son de hidrógeno, inocuo para el clima. Esa tendencia a la descarbonización está reforzada por unos mayores rendimientos en la conversión, distribución y empleo de la energía; por ejemplo, combinando la producción de calor y electricidad puede extraerse el doble de trabajo útil de cada tonelada de carbono emitida a la atmósfera. Juntos, esos avances podrían reducir radicalmente las emisiones totales de carbono hacia 2050, aunque a la vez crezca la economía mundial. Este artículo se centra en el premio mayor: exprimir más trabajo de cada unidad de energía entregada a las empresas y a los consumidores. En cada etapa del trayecto desde los lugares de producción hasta los puntos de servicio se pierden grandes cantidades de energía. Pequeñas reducciones en la potencia empleada donde desemboca la cadena pueden rebajar enormemente la potencia útil requerida donde arranca.

LA ENCRUCIJADA DE LA ENERGIA

EL PROBLEMA:

- El sector energético de la economía mundial es despilfarrador. En centrales eléctricas y edificios se derrocha calor en enormes cantidades, coches y camiones disipan la mayoría de la energía que les cede el combustible y los electrodomésticos malgastan buena parte de la suya (y a menudo gastan electricidad aun estando apagados).
- Si no se hace nada, seguirá quemándose petróleo y carbón, y con ellos cientos y cientos de miles de millones de euros al año; los problemas relativos al clima, la contaminación y la seguridad empeorarán.

EL PLAN:

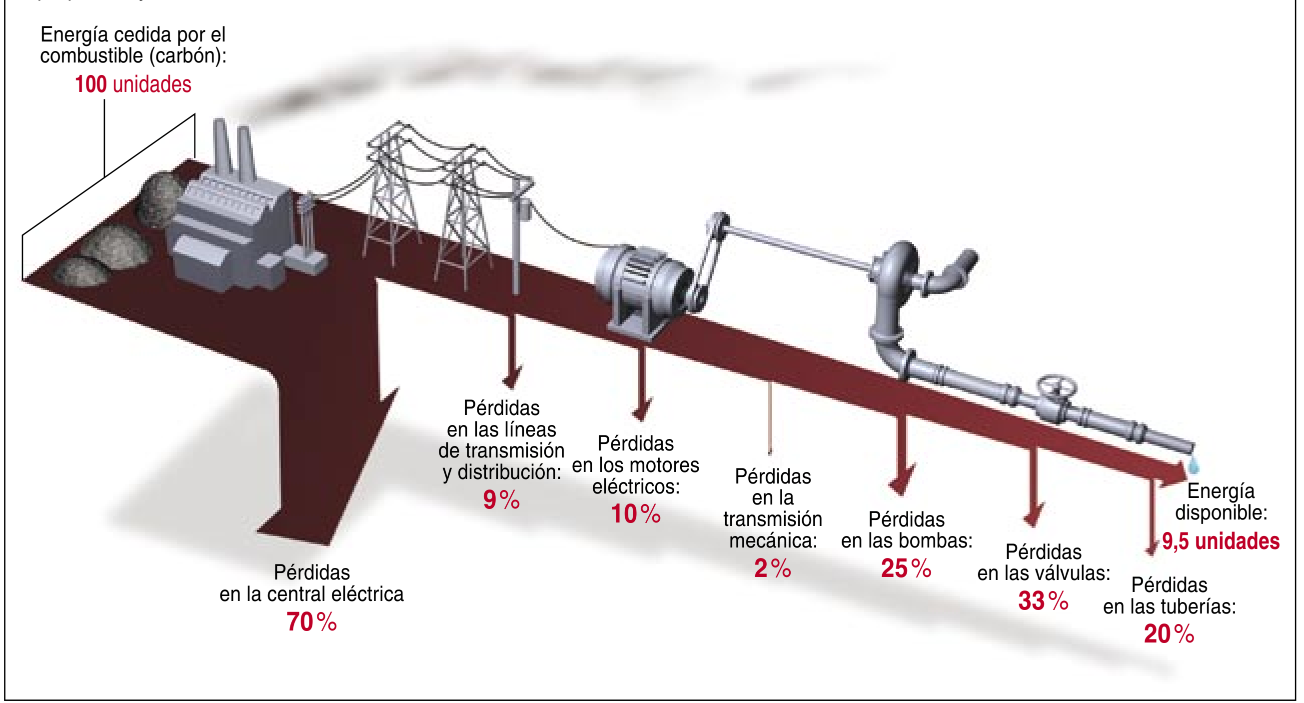
- Para ahorrar energía, el método más rápido y lucrativo es mejorar el rendimiento en el uso final. Numerosos productos de bajo consumo no cuestan más que los de alto consumo. Viviendas y fábricas que gasten menos energía pueden construirse a menor coste que las corrientes. Reducir la masa de los vehículos puede doblar su economía de combustible sin comprometer la seguridad ni elevar el precio de venta al público.
- Mediante la mejora de la eficiencia energética y las fuentes de energía renovable, para 2050 se podría llegar a eliminar el uso de los combustibles petrolíferos. Las empresas con afán de lucro pueden marcar el camino.


Dispositivo solar de tejado

S. STRONG *Solar Design Associates, Inc.*

DESGLOSE DE PERDIDAS

Las ineficiencias a lo largo del trayecto desde la central eléctrica hasta una conducción industrial merman la energía cedida por el combustible —arbitrariamente fijada en 100 en este ejemplo— en más del 90 por ciento; sólo quedan 9,5 unidades de energía para impulsar el fluido a la salida de la tubería. Pero un pequeño aumento en la eficiencia del uso final podría invertir el sentido de ese balance de pérdidas. Por ejemplo, ahorrar una unidad de energía de salida gracias a la reducción del rozamiento dentro de la tubería recorta en 10 unidades la energía que debe ceder el combustible, lo que rebaja drásticamente los costes y la contaminación en la central eléctrica, a la vez que permite el empleo de motores y bombas más pequeños y baratos.



DON FOLEY

La revolución del bajo consumo

Numerosos productos de bajo consumo energético, antes costosos y raros, son ahora económicos y comunes. Así, los controles de velocidad electrónicos se producen en masa y tan baratos, que algunos proveedores los incluyen como extra gratuito en sus motores. El precio de las bombillas fluorescentes de bajo consumo ha bajado mucho en los últimos años. Gastan entre 75 y 80 por ciento menos electricidad que las bombillas de incandescencia y duran de 10 a 13 veces más. Los revestimientos de ventana que transmiten la luz y reflejan el calor cuestan un cuarto de lo que costaban hace cinco años. En el caso de algunos equipos de mercados muy competitivos —motores eléctricos, bombas industriales, televisores o frigoríficos—, algunos modelos de muy bajo consumo no cuestan más que los otros. Sin embargo, la revolución oculta de su combinación y aplicación reviste una importancia mucho mayor que todas estas técnicas mejores y más baratas.

¿Cuánto aislante térmico es adecuado para una casa en un clima frío? La mayoría de los ingenieros dejarían de añadir aislante cuando el gasto en más material se hiciera mayor que los ahorros a lo largo del tiempo en las facturas de calefacción. Pero esa comparación omite los gastos de instalación del sistema de calefacción —la caldera, tuberías, bombas, ventiladores, etcétera—, del que podría prescindirse con un aislamiento lo bastante bueno. Consideremos mi propia casa, construida en 1984 en Snowmass (Colorado), donde las temperaturas invernales pueden bajar hasta –44 grados Celsius y las heladas se dan en cualquier momento del año. La casa carece de sistema de calefacción clásico; en cambio, el tejado está aislado con 20 a 30 centímetros de espuma de poliuretano, y sus muros de ladrillo de 40 centímetros de espesor emparedan otros 10 centímetros de ese mismo material. En las ventanas de doble hoja se combinan dos o tres capas finas termorreflectoras transparentes con gas criptón aislante: bloquean el calor igual que una pila de ocho a catorce hojas de vidrio. Esas características, junto con el calor recuperado del aire ventilado, reduce las pérdidas térmicas de la casa a alrededor de sólo un 1 por ciento más que el calor tomado de la luz solar, los electrodomésticos y las personas del interior. Esa minúscula pérdida puedo compensarla jugando con mi perra (que genera unos 50 watt de calor, ajustables hasta los 100 watt si se le arroja una pelota) o, en las noches más frías, quemando estudios energéticos obsoletos en una pequeña estufa de leña.

Eliminando el sistema de calefacción reduje los costes de construcción en 1100 dólares (de 1983). Luego reinvertí ese dinero, más otros 4800 dólares, en instalaciones que ahorraban la mitad del agua, el 99 por ciento de la energía para calentar agua y el 90 por ciento de la electricidad doméstica. La estructura, de 370 metros

cuadrados —que alberga también la sede original del Instituto de las Montañas Rocosas (RMI), asociación sin ánimo de lucro que cofundé en 1982—, consume apenas más electricidad que una sola bombilla de 100 watt. (Esta cifra excluye la potencia consumida por el equipo de oficina del instituto.) Unas células solares generan de cinco a seis veces esa electricidad; revendo el excedente a la compañía eléctrica. En conjunto, todas las inversiones en eficiencia energética se amortizaron en 10 meses con las técnicas de 1983; las de hoy son mejores y más baratas.

En el decenio de 1990, Pacific Gas & Electric acometió un experimento, lo llamaron ACT^2, que aplicó el diseño inteligente a siete edificios nuevos y viejos con la intención de demostrar que las mejoras de eficiencia energética grandes resultan más económicas que las pequeñas. Por ejemplo, construyeron a las afueras de Davis (California) una casa que se conservaba fresca durante el verano sin acondicionamiento de aire. Estimaron que costaría construir ese tipo de vivienda, si se difundiese lo suficiente, unos 1800 dólares menos que edificar una casa corriente del mismo tamaño, y a lo largo de su vida útil habría que gastar 1600 dólares menos en su mantenimiento.

Análogamente, el arquitecto tailandés Soontorn Boonyatikarn construyó en 1996, en las cercanías del húmedo y caluroso Bangkok, una casa que requería sólo un séptimo de la capacidad de acondicionamiento de aire que se instala en una estructura de esas dimensiones; el ahorro en equipamiento pagó el techo, los muros y las ventanas aislantes que mantienen fresca la casa. En todos estos casos, el enfoque del diseño fue el mismo: optimizar el edificio en su totalidad para obtener múltiples beneficios en vez de buscar un beneficio componente a componente, considerados por separado.

Esta ingeniería de sistemas completos puede también aplicarse a edificios de oficinas y plantas industriales. En 1997, los proyectistas de una fábrica de alfombras de Shangai redujeron en un 92 por ciento, merced a dos sencillos cambios, la potencia de bombeo necesaria en un circuito de circulación de calor. El primer cambio consistió en instalar tuberías más anchas, con lo que redujeron notablemente el rozamiento y el sistema pudo emplear bombas y motores más pequeños. La segunda innovación fue trazar el recorrido de las tuberías antes de situar las máquinas que debían conectar. Como resultado, el fluido se movía por tramos cortos y rectos, sin tortuosidades, reduciendo aún más el rozamiento y los gastos de instalación.

Esto no es astronáutica; se trata sólo de redescubrir la buena ingeniería victoriana. Y es de aplicación general. Un equipo de ensayos del Instituto de las Montañas Rocosas ha creado recientemente diseños de nuevas construcciones que brindan ahorros energéticos del 89 por ciento a los centros informáticos, del orden del 75 por ciento a las plantas químicas, del 70 al 90 por ciento a los supermercados y aproximadamente del 50 por ciento a los yates de lujo, todos con unos gastos de capital instalado inferiores a los de los diseños ordinarios. El equipo ha propuesto también actualizaciones de refinerías de petróleo, minas y fábricas de microcircuitos ya existentes que reducirían del 40 al 60 por ciento el consumo energético, con un gasto amortizable en pocos años.

Vehículos menos derrochadores

En EE.UU., el transporte consume el 70 por ciento del petróleo producido y genera un tercio de las emisiones carbónicas del país. Se da por generalmente admitido que constituye la parte más espinosa del problema climático, especialmente porque en China e India hay centenares de millones de compradores de automóviles. Pero el transporte ofrece enormes oportunidades a la eficiencia energética. En *Winning the Oil Endgame* (*Ganar el órdago del petróleo*), un estudio redactado en 2004 por mi equipo del Instituto de las Montañas Rocosas, se descubre que combinando ingeniosamente materiales ligeros con innovaciones en la propulsión y aerodinámica podría reducirse en dos tercios el consumo de combustible de coches, camiones y aviones sin comprometer la comodidad, la seguridad, las prestaciones ni los precios.

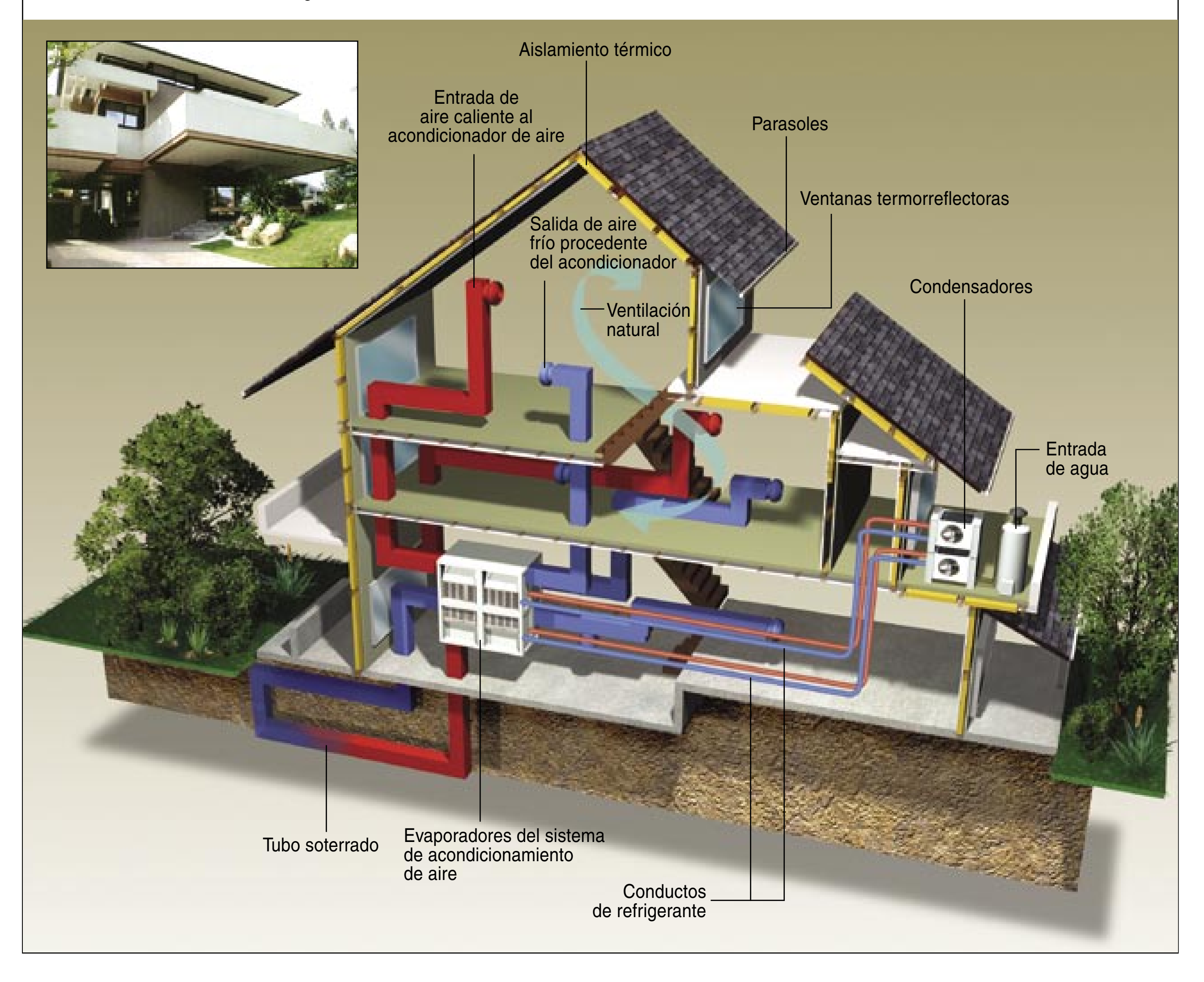
Pese a 119 años de perfeccionamientos, el rendimiento total de los vehículos modernos sigue siendo asombrosamente bajo. A las ruedas todavía llega sólo el 13 por ciento de la energía del combustible; el otro 87 por ciento se disipa como calor y ruido en el motor y la transmisión, o se pierde en ralentís y accesorios, en los acondicionadores de aire por ejemplo. De la energía entregada a las ruedas, más de la mitad sirve para calentar los neumáticos, la calzada y el aire. Sólo el 6 por ciento de la energía del combustible acelera el vehículo (y esa energía se emplea en calentar los frenos cuando paramos). Y como el 95 por ciento de la masa acelerada es del mismo vehículo, sólo menos del 1 por ciento del combustible acaba propulsando al conductor.

Sin embargo, la física nos da la solución obvia: reducir en lo posible el peso del automóvil, causante de tres cuartos de las pérdidas en las ruedas. Por cada unidad de energía ahorrada en las ruedas al disminuir el peso (o reducir la resistencia del aire), se ahorrarán siete unidades adicionales de la energía que ahora se pierde de camino a las ruedas. El interés por reducir costes y aumentar la seguridad desalienta los intentos de construir autos más livianos, pero los materiales modernos —las nuevas aleaciones metálicas y los materiales compuestos poliméricos avanzados (fibras inmersas en matrices de resina)—, ligeros aunque fuertes, pueden rebajar drásticamente la masa de un vehículo sin sacrificar su seguridad estructural en los choques. Por ejemplo, los materiales compuestos de fibra de carbono absorben de seis a doce veces más energía de impacto por kilogramo que el acero, lo que compensa con creces la desventaja en masa del auto si choca con otro de acero de masa doble. Con estos materiales nuevos, los coches pueden ser grandes, cómodos y seguros sin resultar pesados, ineficientes y hostiles, ahorrando petróleo *y* vidas a la vez. Como dijo Henry Ford, más peso no significa más resistencia. Si se diera tal equivalencia, los cascos de los ciclistas serían de acero y no de fibra de carbono.

Las técnicas de manufactura avanzadas desarrolladas durante los dos últimos años podrían conseguir que las carrocerías hechas de materiales compuestos de carbono fueran competitivas frente a las de acero. Una carrocería más ligera permitiría a los fabricantes de automóviles

DISEÑO ECONOMIZADOR

¿Cómo se consigue un ambiente fresco en la tropical Tailandia a la vez que se minimiza el gasto energético? El arquitecto Soontorn Boonyatikarn, de la Universidad de Chulalongkorn, empleó aleros y terrazas para proteger del sol su casa de 350 metros cuadrados en Pathumthani, cerca de Bangkok. El aislamiento, una estructura hermética y unas ventanas reflectoras de infrarrojos impiden la entrada al calor mientras dejan pasar una buena cantidad de luz solar. Que el interior carezca de tabiques y un hueco de escalera central favorecen la ventilación; el aire interior se enfría al fluir por un tubo enterrado. Como resultado, la casa necesita sólo un séptimo de la capacidad de acondicionamiento de aire que suele instalarse en una estructura de estas dimensiones. Para reducir aún más la factura energética, los condensadores del sistema de acondicionamiento de aire calientan el agua de la casa.



DON FOLEY (*esquema*); SOONTORN BOONYATIKARN *Universidad de Chulalongkorn* (*fotografía*)

emplear motores más pequeños (y menos caros). Y como el ensamblado de coches de materiales compuestos de carbono no requiere talleres de carrozado ni de pintura, las fábricas serían más pequeñas; construirlas costaría un 40 por ciento menos que edificar una planta corriente. Esos ahorros compensarían el mayor precio de los materiales compuestos de carbono. En total, con las carrocerías ultraligeras podría conseguirse que el rendimiento del combustible viniera a doblar el de los modernos coches eléctricos híbridos —donde ese rendimiento ya es el doble que en los coches comunes— sin elevar el precio de venta al público. Si los materiales compuestos no estuvieran a punto, podríamos echar mano de los nuevos aceros ultraligeros. La competencia en el mercado dirá cuál es el material ganador. En cualquier caso, antes de diez años los vehículos ultraligeros de muy bajo consumo empezarán a destacarse del grueso del pelotón.

Más aún, los coches ultraligeros podrían acelerar mucho la transición hacia los automóviles impulsados por pilas de combustible. Un monovolumen de tamaño medio, cuyo peso y resistencia del aire se hubieran reducido a la mitad, con lo que la potencia requerida en sus ruedas se habría reducido en dos tercios, consumiría unos dos litros por cien kilómetros, con lo que necesitaría sólo una pila de combustible de 35 kilowatt, un tercio del tamaño corriente y, por tanto, más fácil de fabricar asequiblemente. Y como el vehículo sólo necesitaría acarrear la tercera parte de hidrógeno, no requeriría una nueva

técnica de almacenamiento; unos depósitos de fibra de carbono pequeños, nada peligrosos y de serie podrían contener hidrógeno suficiente para propulsar el vehículo durante 530 kilómetros. Así pues, el primer fabricante de automóviles que se pase a los ultraligeros ganará la carrera de las pilas de combustible. Hay, pues, un poderoso incentivo para que los fabricantes innoven con valentía en lo que se refiere a materiales y fabricación, a la manera de lo que acometen ahora unos pocos en lo concerniente a la propulsión.

El análisis del Instituto de las Montañas Rocosas muestra que, de adoptarse el principio de la eficiencia energética en vehículos, edificios e industrias, el gasto de petróleo previsto para 2025 en EE.UU. —28 millones de barriles diarios— podría disminuir a menos de la mitad; el consumo se rebajaría a niveles no conocidos desde 1970. Siendo realistas, para 2025 sólo se podrá lograr la mitad de esas economías, pues aún estarían en servicio muchos coches y camiones antiguos y de mayor consumo (el parque de automóviles cambia muy despacio). Pero podría llegarse a prescindir de los combustibles derivados del petróleo antes de 2050 duplicando primero la eficiencia de su empleo y sustituyéndolo luego por otras fuentes de energía (*véase la figura 3*). Las empresas podrían sacar grandes beneficios gracias a ese cambio, pues ahorrar un barril de petróleo merced a la mejora del rendimiento cuesta sólo 12 dólares, menos de un quinto del actual precio de venta del crudo. Y hay dos clases de fuentes de energías alternativas que podrían competir con el petróleo aunque éste se vendiera a menos de la mitad de su precio actual. La primera es el etanol, obtenible de plantas leñosas o herbáceas, como el álamo o la gramínea *Panicum virgatum*. Actualmente, en EE.UU. el maíz es la primera fuente de etanol, que se mezcla con gasolina, pero las plantas leñosas producen el doble de etanol por tonelada que el maíz y con menos inversiones de capital y mucho menos consumo energético.

La segunda opción alternativa consiste en reemplazar el petróleo por gas natural con menor contenido en carbono, que se abarataría y abundaría más, a medida que el aumento en eficiencia redujera la demanda de electricidad en las horas de máxima carga. En esas horas, las turbinas de gas trabajan con tal derroche que, economizando el 1 por ciento de la electricidad, se reduciría en un 2 por ciento el consumo estadounidense de gas natural y su precio en un 3 o 4 por ciento. El gas ahorrado así y en otros usos podría sustituir al petróleo directamente o bien convertirlo en hidrógeno, lo que reportaría un provecho y eficiencia mayores.

ADICCION AL PETROLEO

28 millones

de barriles de petróleo se consumirán a diario en EE.UU. en 2025, si prosigue la tendencia actual

13 por ciento

Proporción de la energía cedida por el combustible que llega a las ruedas de un automóvil

70.000 millones de dólares

Ahorro anual (en 2025) posible mejorando la eficiencia energética en el uso de los combustibles petrolíferos y hallando sustitutos para éstos

Los beneficios de eliminar poco a poco los combustibles fósiles irían mucho más allá del ahorro estimado en 70.000 millones de dólares al año. La transición rebajaría en un 26 por ciento las emisiones carbónicas de EE.UU. y eliminaría todos los costes sociales y políticos de la obtención y consumo de crudos: conflictos militares, inestabilidad de los precios, complicaciones fiscales y diplomáticas, contaminación, etcétera. Si el país se liberara de su dependencia del petróleo, ya no le valdría la pena combatir por él. Además, el Pentágono cosecharía inmediatamente los frutos de favorecer la eficiencia energética, pues necesita desesperadamente reducir los costes y riesgos de abastecer de combustible a sus tropas. Al igual que los esfuerzos en investigación del Departamento de Defensa de EE.UU. transformaron la industria civil al crear Internet y el GPS, ahora deberían conducir el desarrollo de los materiales ultraligeros avanzados.

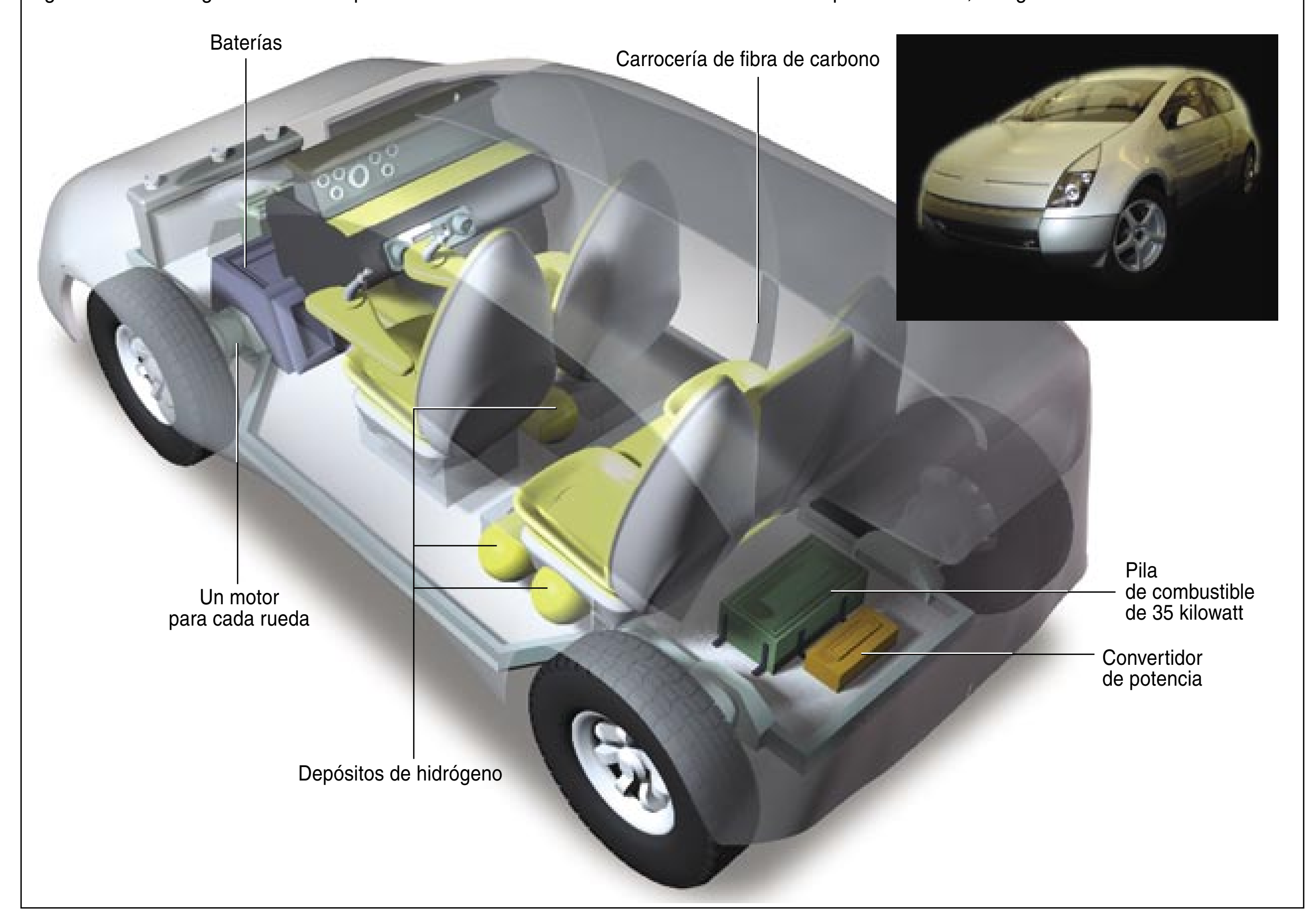
El paso a una economía no dependiente del petróleo sería aún más rápido que lo previsto por el Instituto de las Montañas Rocosas si los responsables políticos cesaran de fomentar unas pautas que obligan a usar tanto los automóviles. No debería ordenarse o subvencionarse la dispersión de urbanizaciones alrededor de las ciudades. Concentrar la población ahorra combustible de manera menos perturbadora que otros métodos de limitar el tráfico motorizado (como las draconianas tasas sobre combustibles y coches con que Singapur evita atascos de la magnitud de los de Bangkok).

Energías renovables

Asimismo, unas mejoras en la eficiencia energética que nos ahorrasen la mayoría de nuestro consumo eléctrico actual serían más baratas que el carbón que hoy queman las compañías eléctricas para generar la mitad de la energía eléctrica consumida en EE.UU. y el 37 por ciento de la española, y emitir el 38 por ciento de las emisiones de carbono procedentes de combustibles fósiles (en EE.UU.). Han progresado mucho en los últimos años las opciones alternativas a las centrales de carbón: las fuentes no perecederas —en especial los generadores solares y eólicos— y las plantas descentralizadas de cogeneración que producen a la vez electricidad y calor en edificios y fábricas. A escala mundial, la capacidad de generación conjunta de esas fuentes es ya mayor que la de las centrales nucleares y crece seis veces más deprisa. Esa tendencia impresiona tanto más cuanto que los generadores descentralizados se enfrentan a muchos obstáculos que traban la justa competencia y a unas subvenciones muy inferiores a las que reciben las plantas centralizadas de carbón y nucleares.

COCHES ULTRALIGEROS

Los coches ultraligeros pueden ser rápidos, espaciosos, seguros y eficientes. *Revolution*, un prototipo de monovolumen diseñado en 2000, de tamaño medio y cinco asientos, pesa sólo 857 kilogramos —menos de la mitad que un coche convencional comparable—, pero su habitáculo seguro de fibra de carbono protegería a los pasajeros en colisiones a gran velocidad con vehículos mucho más pesados. Una pila de combustible de 35 kilowatt lo propulsaría durante 530 kilómetros con los 3,5 kilogramos de hidrógeno de sus depósitos. Podría acelerar hasta los 100 kilómetros por hora en 8,3 segundos.



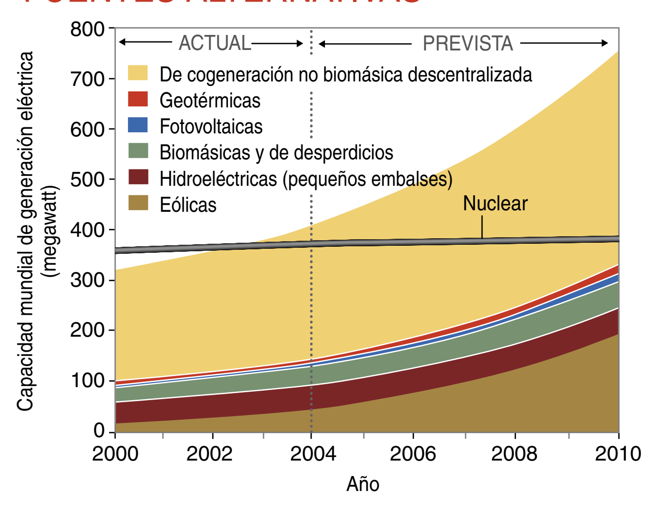
DON FOLEY (*esquema*); HYPERCAR, INC. (*fotografía*)

Acaso, el mayor éxito corresponda a la energía eólica. La producción masiva y una ingeniería perfeccionada han conseguido que los modernos generadores eólicos sean grandes (con capacidades unitarias de dos a cinco megawatt), altamente fiables y muy benignos con el entorno. Dinamarca ya extrae del viento un quinto de su electricidad, Alemania un décimo y España más del 6 por ciento. Alemania y España están añadiendo 2000 megawatt de potencia eólica cada año; Europa aspira a obtener el 22 por ciento de su electricidad y el 12 por ciento de su energía total de fuentes no perecederas en 2012. En contraste, la capacidad mundial de las centrales nucleares se espera que siga estancada, para luego decaer.

La crítica más común a la energía eólica —su intermitencia— no ha resultado un inconveniente grave. En zonas de Europa que obtienen toda la energía generada por el viento sólo en algunos días, las compañías eléctricas han resuelto el problema diversificando la ubicación de las turbinas, tomando en cuenta las previsiones sobre el viento en los planes de generación e integrando la potencia eólica con la hidroeléctrica y la procedente de otras fuentes. La generación eólica y la solar trabajan juntas especialmente bien, en parte porque las condiciones adversas para la eólica (tiempo calmo y soleado) son buenas para la solar, y viceversa. Bien combinadas, las instalaciones eólicas y las solares son más fiables que las centrales eléctricas ordinarias; constan de módulos más pequeños (turbinas eólicas, células solares) que difícilmente fallarán a la vez, su coste no se descontrola cuando sube el precio de los combustibles fósiles y no es probable que sufran atentados.

La energía renovable ya resulta ventajosa económicamente. En 2003, la energía eólica se vendía en EE.UU. por sólo 2,9 centavos de dólar el kilowatt-hora. La generación eólica está subvencionada por el gobierno federal mediante una desgravación fiscal, pero aun sin ésta, el precio —unos 4,6 centavos por kilowatt-hora— sigue siendo menor que el de la energía subvencionada de las nuevas centrales de carbón o nucleares. La subvención a la energía eólica es de carácter temporal y el Congreso la ha dejado expirar repetidamente; en cambio, los subsidios a las industrias nucleares y de combustibles fósiles son más cuantiosos y estables.


Generadores eólicos en Alemania



2. LAS FUENTES DESCENTRALIZADAS de electricidad —la cogeneración (generación combinada de electricidad y calor, habitualmente a partir de gas natural) y las no perecederas (como las solares y las eólicas)— superaron mundialmente a las nucleares en capacidad de generación en 2002. La producción de este año de esas fuentes, con poco o ningún carbono, rebasará la de las centrales nucleares.

[En España, la cesión de energía eólica a una empresa distribuidora está regulada por el Real Decreto 436/2004. La tarifa es de un 90 por ciento de la llamada tarifa media de referencia, que es de unos 7 céntimos de euro el kilowatt-hora. Puede venderse también libremente en el mercado, en cuyo caso se suman al precio de mercado una prima del 40 por ciento de la tarifa media y un incentivo del 10 por ciento.]

La energía eólica es además abundante: unos parques eólicos que ocuparan, por ejemplo, una reducida fracción de la tierra disponible en ambas Dakotas cubriría rentablemente todas las necesidades de electricidad de Estados Unidos. Las células solares, aunque actualmente más caras por kilowatt-hora que las turbinas eólicas, serían rentables integradas en edificios, porque ahorran materiales de techado. En los grandes edificios comerciales de techo plano, las células solares pueden competir sin subvenciones si se las combina con un uso eficiente que permita al propietario del edificio revender la energía sobrante cuando más abundante y valiosa es, en las tardes soleadas [la tarifa de venta de la energía fotovoltaica en España es, según el Real Decreto 436/2004, un 300 por ciento de la tarifa media de referencia, o un 575 por ciento si la potencia instalada no supera los 100 kW]. La generación solar suele ser también la mejor solución para dotar de electricidad a los dos mil millones de personas que carecen de acceso a líneas de transmisión. Pero incluso en los países ricos, una casa tan eficiente como la mía puede conseguir toda su electricidad con sólo unos pocos metros cuadrados de células solares, cuya instalación es más barata que conectarse a las líneas de distribución cercanas.

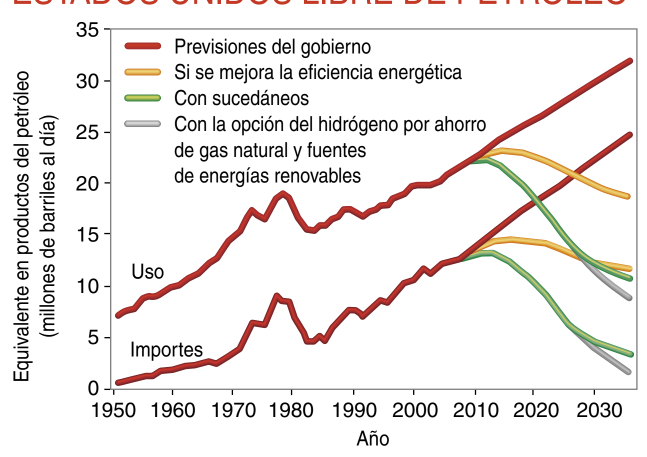
Una solución más barata

Una política orientada a perfeccionar sin grandes gastos la eficiencia energética y unas fuentes competitivas de energías no perecederas pueden invertir la terrible aritmética del cambio climático, que se acelera exponencialmente a consecuencia del consumo creciente de combustibles fósiles. La eficiencia energética puede mejorar más deprisa que la economía crece: entre 1977 y 1985, por ejemplo, el producto interior bruto (PIB) norteamericano creció un 27 por ciento, mientras que el consumo de petróleo disminuyó en un 17 por ciento. (En el mismo período, las importaciones de petróleo cayeron un 50 por ciento, y las importaciones del golfo Pérsico se desplomaron un 87 por ciento.) El crecimiento de las energías no perecederas ha rebasado al PIB; a escala mundial, las producciones de energías solar y eólica se duplican cada dos y tres años, respectivamente. Si tanto la eficiencia como la generación de energías renovables crecen más rápido que la economía, las emisiones de carbono disminuirán y el calentamiento global se retardará, concediéndonos más tiempo para desarrollar técnicas aún mejores que reemplacen el combustible fósil que aún quede en uso, o para dominar y poner en práctica procedimientos que retengan el carbono de combustión antes de que penetre en la atmósfera.

En contraste, la energía nuclear es una solución más lenta y mucho más cara. La entrega de un kilowatt-hora de una central nuclear nueva cuesta al menos el triple que ahorrarlo aumentando la eficiencia. Así pues, cada

JEN CHRISTIANSEN; FUENTE: INSTITUTO DE LAS MONTAÑAS ROCOSAS *(gráfica)*; ANDREAS RENTZ *Getty Images (fotografía)*

ESTADOS UNIDOS LIBRE DE PETROLEO



3. EL CONSUMO Y LAS IMPORTACIONES DE PETROLEO DE EE.UU. pueden reducirse drásticamente de modo rentable doblando la eficiencia energética de vehículos, edificios e industrias (*línea roja en el gráfico*). EE.UU. puede lograr aún más reducciones sustituyendo los combustibles fósiles por sucedáneos competitivos, como los biocombustibles avanzados y el gas natural (*líneas verdes*), o el hidrógeno (*líneas grises*).

JEN CHRISTIANSEN; FUENTE: RMI (*gráfica*); PROYECCIONES PARA 2025 DE LA ADMINISTRACION DE INFORMACION DE ENERGIA; ESTIMACIONES DESPUES DE 2025 DE RMI

dólar gastado en mejorar el rendimiento ahorraría el uso de al menos tres veces más carbón que si ese dólar se invirtiera en energía nuclear; además, esas mejoras de la eficiencia entrarían en efecto mucho más rápidamente porque construir reactores lleva tiempo. Desviar inversiones públicas y privadas de los ganadores en el mercado a los perdedores no sólo distorsiona los mercados y reparte mal el capital financiero, sino que agrava el problema climático al apoyar una solución menos eficaz.

La buena nueva acerca del calentamiento global es que es más barato solucionarlo que ignorarlo. Como el ahorro de energía es lucrativo, el uso eficiente está ganando atractivo en los mercados. Skip Laitner, de la Agencia para la Protección Ambiental de EE.UU., calcula que desde 1996 a mediados de 2005 unas prudentes decisiones de empresas y consumidores, combinadas con una economía cada vez más cimentada en la información y los servicios, recortó en un 2,1 por ciento anual el gasto medio en energía por dólar de PIB, un ritmo de reducción casi triple que en los diez años anteriores. Ese cambio absorbió casi el 78 por ciento del aumento de la demanda energética en los últimos diez años (el resto se afrontó con el aumento del abastecimiento energético), y EE.UU. logró ese progreso sin ayuda de ningún avance técnico ni de nuevas políticas nacionales. El problema climático se debe a millones de malas decisiones tomadas durante decenios, pero la estabilidad climática puede recuperarse mediante millones de decisiones sensatas, comprando lámparas y coches más eficientes, revocando las subvenciones al despilfarro y recompensando los resultados deseables (por ejemplo, pagando a arquitectos e ingenieros por los ahorros y no por los gastos).

El papel correcto de un gobierno es pilotar, no remar, pero durante años los responsables han estado llevando por un rumbo erróneo la nave de la energía. La actual política energética estadounidense perjudica al clima y la economía al rechazar los principios del mercado libre y someter las nuevas técnicas al favoritismo. Lo mejor es permitir que todos los métodos de producir o ahorrar energía compitan limpiamente, a los precios más justos, con independencia del tipo de inversión que sea, qué técnica se aplique, a qué escala y quién sea el propietario.

Así, pocas jurisdicciones admiten hoy que las fuentes de energía descentralizadas, como los dispositivos solares de tejado, se conecten directamente a la red eléctrica nacional, pese a que los estándares técnicos modernos permiten que se haga sin riesgo. Aunque 31 estados norteamericanos admiten que la compañía eléctrica compre al productor individual la electricidad que ha generado de sobra al mismo precio que se la vende, la mayoría restringen o distorsionan arbitrariamente esa competencia.

Pero el mayor de los obstáculos a la eficiencia en la producción de electricidad o gas es que se suela premiar a las compañías distribuidoras por vender más energía y penalizarlas por recortar las facturas a sus clientes. Por suerte, ese problema tiene fácil solución: los organismos reguladores deberían desligar incentivos y ventas, y permitir luego a las distribuidoras que se queden con parte de los ahorros derivados de la reducción de la factura energética.

Han tardado en salir de Detroit vehículos de muy bajo consumo; ni los balances contables ni los directivos han apoyado las innovaciones más atrevidas. Además, EE.UU. grava poco la gasolina pero subvenciona mucho su producción, con lo que resulta, o resultaba hasta hace muy poco, más barata que el agua embotellada. Sin embargo, aumentar los impuestos sobre los combustibles podría no ser la mejor solución; en Europa, unos impuestos exorbitantes —que en muchos países elevan los precios de la gasolina a un euro o más el litro— contribuyen a reducir el uso de los coches más que a lograr que los nuevos modelos sean eficientes, pues los costes del combustible se diluyen en los demás gastos del dueño del coche y se descuentan muy rápidamente (la mayoría de los compradores sólo contabiliza el ahorro en combustible correspondiente a los dos o tres primeros años). En Estados Unidos, las normas federales adoptadas en 1970 contribuyeron a mejorar el consumo de los automóviles y camionetas nuevos desde los 15 litros por cien kilómetros, en 1978, a los 10,7 litros por cien kilómetros en 1987, pero la media ha ido situándose en 11,7 l/100 km desde entonces. El gobierno prevé que la industria automovilística pasará los próximos 20 años tratando de que sus vehículos sean más eficientes que en 1987 sólo en 0,2 km por litro. Además, los fabricantes aborrecen las normas porque limitan la libertad de elegir y ya han aprendido a burlar al sistema vendiendo más vehículos clasificados como camionetas, en las que se consiente mayor consumo que en los coches. (Las camionetas de más consumo incluso reciben subvenciones especiales.)

La contramedida política más eficaz sería la "cuota de reembolso", que se cargaría a los coches nuevos ineficientes y se reembolsaría a los compradores de modelos eficientes. Aplicada por separado para cada categoría de vehículo, y evitar un sesgo contra los modelos de

mayor tamaño, las cuotas de reembolso no restringirían la posibilidad de elegir de los compradores: la ampliarían. Tal política podría acelerar la adopción de coches, camiones y aviones de tecnología avanzada sin mandatos, impuestos, subvenciones ni leyes nacionales.

En Europa y Japón el obstáculo principal para el ahorro energético se esconde en la falsa creencia de que sus economías ya han alcanzado la máxima eficiencia energética posible. Cierto es que doblan el grado conseguido por EE.UU., pero les queda mucho camino por recorrer. Con todo, las mejores oportunidades se dan en los países en desarrollo, cuya eficiencia media es tres veces menor que la de EE.UU. En esos países se venden libremente, y todo el mundo los compra, motores, cebadores de tubos fluorescentes, un sinfín de dispositivos que despilfarran sin cuento. El sector energético devora en estos momentos un cuarto de sus fondos para el desarrollo, desviando el dinero de otros proyectos vitales. De tal situación son parcialmente responsables los países industrializados, porque muchos de ellos han exportado vehículos y maquinaria ineficientes al mundo en desarrollo. Exportar ineficiencia es tan inmoral como antieconómico; en cambio, los países más ricos deberían ayudar a los países en vías de desarrollo a construir infraestructuras de bajo consumo que liberasen capital para afrontar otras necesidades apremiantes. Por ejemplo, fabricar lámparas y ventanas eficientes necesita 1000 veces menos capital que construir centrales eléctricas y redes de distribución para las mismas funciones, con la ventaja añadida de que la inversión se recupera diez veces más deprisa.

China e India saben ya que sus florecientes economías no pueden seguir compitiendo si el derroche energético continúa dilapidando dinero, talento y salud pública. China se está fijando unas metas ambiciosas, pero alcanzables, para pasar del carbón a fuentes renovables descentralizadas y al gas natural. (Los chinos disponen de grandes reservas de gas natural y se espera que pongan en explotación vastos yacimientos en Siberia oriental.) Además, en 2004 China anunció una nueva estrategia energética, que no se basa en grandes centrales, sino en la generación descentralizada y en rápidas mejoras en la eficiencia de los nuevos edificios, fábricas y artículos de consumo. Asimismo, está tomando medidas para contener la explosión del consumo de petróleo; en 2008 será ilegal allí vender muchos de los actuales e ineficientes coches americanos. Si los fabricantes de automóviles de otros países no innovan rápidamente, dentro de una década pudiera muy bien ocurrir que el lector conduzca un coche de bajísimo consumo de manufactura china.

La cada vez más competitiva economía global está estimulando un fascinante nuevo modelo de inversión energética. Si los gobiernos pueden eliminar las barreras institucionales y aprovechar el dinamismo de la libre empresa, los mercados favorecerán por naturaleza las decisiones que generen bienestar, protejan el clima y propicien una seguridad auténtica al sustituir los combustibles fósiles por alternativas más económicas.

El autor

Amory B. Lovins, físico, es cofundador y director del Instituto de las Montañas Rocosas, organización sin ánimo de lucro con sede en Snowmass (Colorado), y presidente de Fiberforge, firma de ingeniería de Glenwood Sprins (Colorado). Ha asesorado a empresas y gobiernos de todo el mundo durante más de 30 años.

Bibliografía complementaria

HYPERCARS, HYDROGEN AND THE AUTOMOTIVE REVOLUTION. A. B. Lovins y D. R. Cramer en *International Journal of Vehicle Design*, vol. 35, n.os 1-2, págs. 50-85; 2002.

WINNING THE OIL ENDGAME. A. B. Lovins, E. K. Datta, O. E. Bustness, J. G. Koomey y N. J. Glasgow. Rocky Mountain Institute, 2004.

Marc Boada

Cristales de hielo en una célula convectiva

El agua constituye un compuesto necesario, abundante, accesible, económico y de sumo interés científico. La molécula consta de dos átomos de hidrógeno unidos a otro central de oxígeno, tendiendo un ángulo de unos 108 grados. El agua presenta puntos de transición de una fase a otra muy próximos: la temperatura de congelación y la de ebullición distan sólo cien grados Celsius.

Debido a su singular estructura molecular, el agua presenta un comportamiento térmico insólito. A medida que se enfría desde 100 ºC, su densidad aumenta. A los 3,98 ºC, el agua pura presenta un valor máximo de 1,00 gramos por centímetro cúbico. Por debajo de esta temperatura la densidad disminuye de nuevo, hasta que a los 0 ºC el fluido solidifica y experimenta una expansión súbita que le lleva a una densidad de 0,92 g/cm^3. Esta diferencia de densidades explica que el hielo flote sobre el agua líquida.

El agua puede enfriarse por debajo de su temperatura normal de solidificación de cero grados Celsius, sin que se convierta en hielo. En tal estado, es un líquido sobreenfriado. La mínima perturbación de dicho estado metaestable (una simple agitación, por ejemplo) conduce a la solidificación. De hecho, el agua no se hiela hasta haber alcanzado antes el estado sobreenfriado.

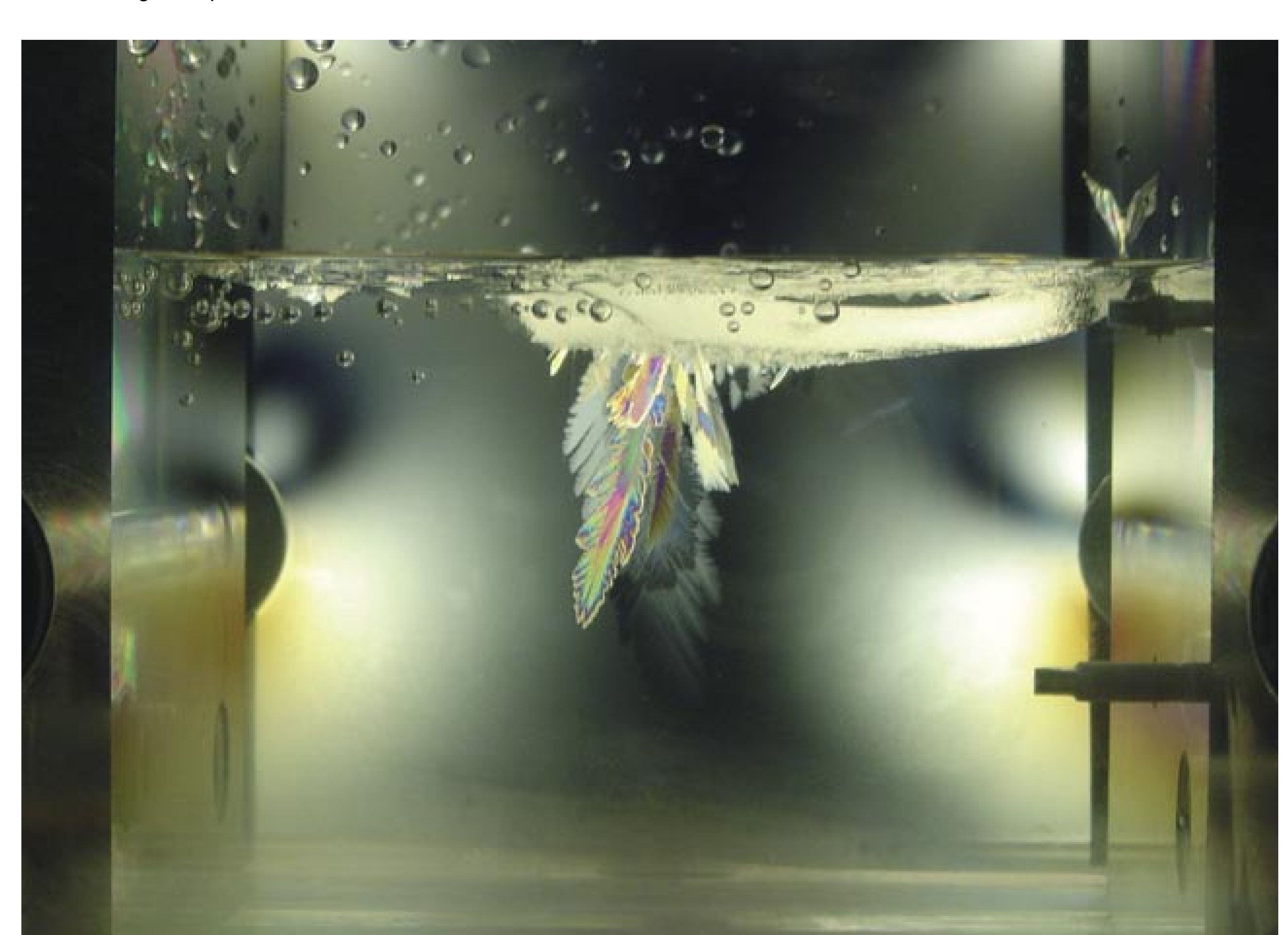
Pero, ¿cómo se forman los cristales de hielo cuando el agua se congela? El proceso se inicia con un agente nucleador. Las moléculas de agua se adhieren al agente, originándose así una estructura cristalina. Luego, conforme se van agregando más moléculas al cristal, el agente crece hasta encontrarse con otro cristal o con las paredes del recipiente.

Para observar el crecimiento de cristales de hielo, necesitamos un dispositivo que aporte agua sobreenfriada al agente nucleador de la congelación: por ejemplo, una célula convectiva. Recordemos en qué consiste la convección. Cuando distintas regiones de un fluido se hallan sometidas a una temperatura asimismo dispar, aparecen diferencias de densidad. Por el principio de Arquímedes las zonas menos densas experimentan un empuje que provoca el desplazamiento de las moléculas y, por tanto, la circulación del fluido. Se produce así un transporte de energía y masa que denominamos convección.

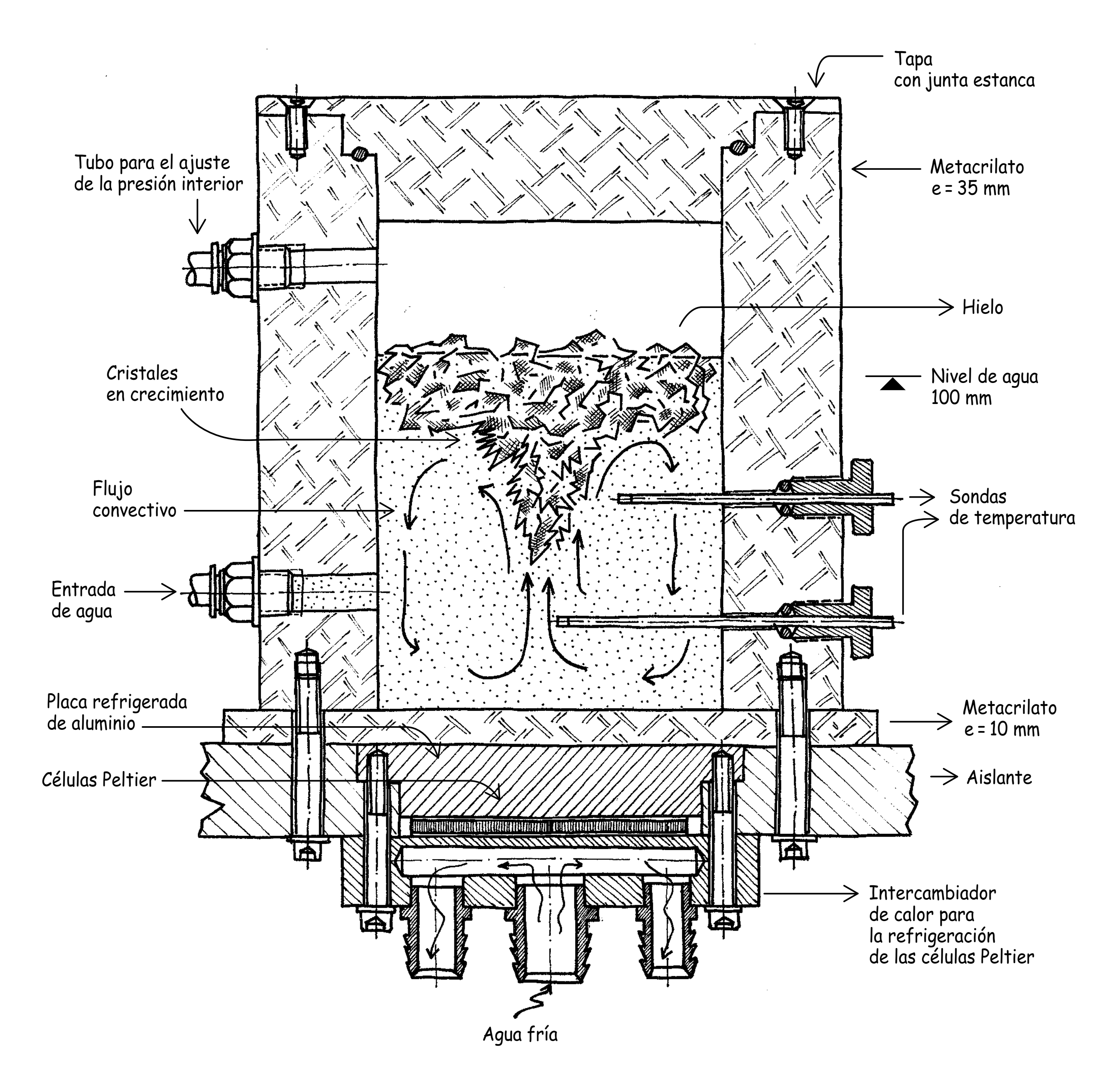
La velocidad del flujo convectivo depende de múltiples factores: densidad del fluido, viscosidad, conductividad térmica, diferencias de temperatura y relación entre anchura y profundidad del recipiente (lo que se llama la razón de aspecto).

En las células convectivas aparece un flujo doblemente anular.

1. Cristales de hielo formados en una célula convectiva inversa.



FUENTE: ENSAYO ENCARGADO POR EL COSMOCAIXA DE BARCELONA; MARC BOADA (*fotografía*)



En general, por el centro asciende una columna de fluido caliente; por las paredes desciende un anillo de fluido frío. En el caso del agua, en cambio, debido a su particular comportamiento térmico, el fenómeno se invierte: el flujo ascendente se halla a menor temperatura que el descendente. En la célula de convección inversa que aquí presentamos, el agua sobreenfriada (de menor densidad) asciende por el centro del recipiente hasta encontrarse con el hielo que flota en la superficie del líquido, de forma que los cristales crecen hacia abajo, a favor del campo gravitatorio.

Para construir la célula convectiva empezaremos por armar un recipiente de 100 mm de ancho, 100 mm de profundidad y una altura de 170 mm. El recipiente debe ser transparente. Aconsejamos construirlo en metacrilato. Teniendo en cuenta que el líquido deberá permanecer cerca de 0 ºC y que la temperatura ambiente es superior, la célula requiere un buen aislamiento térmico, que impida la entrada de calor desde el exterior. Con ese fin utilizaremos paredes gruesas, de unos 35 mm de espesor. (Espesores de 15 mm implican pérdidas térmicas notables y de difícil control; los de 20 o 25 mm presentan sólo una tendencia molesta al empañamiento, que se evita mediante la ventilación de la superficie de observación.) La unión de las distintas piezas se realiza mediante adhesivo y tornillos en rosca de M8. Esta construcción admite también bajas y altas presiones. Llenaremos el recipiente con sólo 100 ml de agua.

Centrémonos ahora en el sistema de enfriamiento, componente esencial de esta célula. Para enfriar la base del recipiente y, por tanto, el agua de su interior, recurriremos a uno de los mejores aliados del aficionado a la física experimental: las células Peltier. El efecto Peltier permite generar frío

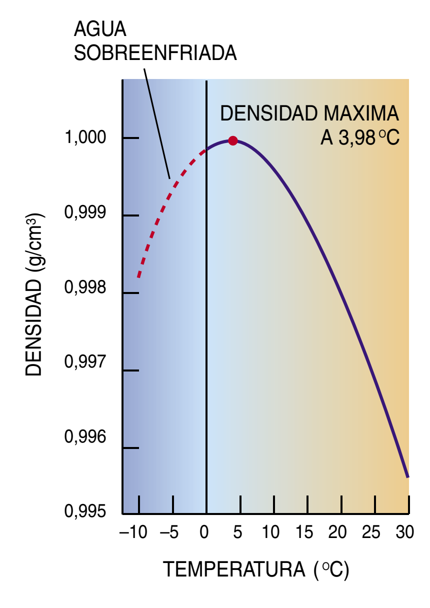
o calor a partir de la electricidad. La alimentación eléctrica de una célula Peltier establece una diferencia de temperatura entre las dos caras de la misma (una cara se calienta y la otra se enfría), que depende de la temperatura ambiente y del cuerpo a enfriar o calentar. Estas células suelen usarse para enfriar (para calentar resultan más eficaces las resistencias eléctricas). Su reducido tamaño las hace ideales para sustituir costosos y voluminosos equipos de refrigeración asistida por gas o agua.

Para variar la potencia de refrigeración de las células Peltier recurriremos a una fuente de alimentación de potencia regulable (pueden también intercalarse, entre la base de la cubeta y la cara fría de las células Peltier, láminas de plástico o de metales poco conductores que operen a modo de barreras térmicas). En la célula convectiva instalaremos cuatro células Peltier de 40 por 40 mm y un espesor que oscila entre 3 y 5 mm, en función de la potencia. Se alimentan con corriente continua hasta un máximo de 15 volt que disipan hasta 60 watt.

Para que una célula Peltier proporcione una refrigeración efectiva, es necesario evacuar el calor que genera. Cuanto mejor sea la disipación térmica, mayor será la efectividad refrigeradora. Las cuatro células Peltier del dispositivo (que consumen un total de 140 watt) tardan varios minutos para rebajar la temperatura del agua hasta 1 ºC; además, se utiliza agua para enfriar la cara caliente de las células.

Para conseguir un rendimiento térmico máximo se arman los componentes de la célula sobre un bloque de aluminio perforado, por cuyo interior discurre el agua. Bajo buenas condiciones de disipación, el salto térmico entre las caras de las células Peltier es de unos 30 ºC. Por tanto, si refrigeramos la cara caliente con agua a 20 ºC podemos llevar la cara fría hasta –10 ºC. En la célula que aquí presentamos se utiliza líquido anticongelante, que se mantiene frío gracias a un grupo de refrigeración electromecánico; así se consigue llevar la cara fría a –37 ºC.

Para garantizar un flujo continuo y laminar en condiciones de sobreenfriamiento, la célula convectiva debe contar con un control preciso de la refrigeración. Si ésta resulta insuficiente, el agua se estratifica y cerca del fondo permanece alrededor de los 4 ºC. Si es excesiva, se forma hielo en la base del recipiente. Veamos cómo sucede. Imaginemos que empezamos a refrigerar. La temperatura en la base del fluido desciende por debajo de 0 ºC (agua sobreenfriada). Si no damos tiempo a que se establezca el flujo convectivo, el agua sobreenfriada solidifica súbitamente, a la vez que la temperatura se eleva hasta algunas décimas de grado por encima de 0 ºC. La base se recubre entonces de hielo, que avanza, como una onda de cristalización, desde un punto germinal hasta recubrir en segundos todas las zonas suficientemente frías. Las células Peltier ofrecen una notable ventaja en estas situaciones: basta con invertir su polaridad para que la base se caliente ligeramente y el hielo se derrita.



2. Efecto de la temperatura sobre la densidad del agua.

Para la correcta realización del experimento conviene partir de agua muy fría, que mezclaremos con una pequeña cantidad de hielo. Luego la agitaremos para homogeneizar la temperatura. Añadiremos hielo al agua enfriada hasta que éste forme una capa flotante de 20 o 30 mm de espesor. Retiraremos agua hasta alcanzar una altura de unos 100 mm. Con el agua muy fría, el hielo en la superficie y las células Peltier activadas, sondearemos el fluido para trazar un mapa de temperatura. Para ello nos serviremos de sondas deslizantes, que introduciremos, a distintas profundidades, en el líquido. La hermeticidad del sistema se garantiza mediante anillos de teflón, comprimidos con un tornillo que la sonda atraviesa.

Al cabo de unos minutos (según la potencia de refrigeración) los instrumentos indican que en el centro de la cubeta aparece un flujo ascendente sobreenfriado, con una temperatura de entre –0,1 ºC y –1,5 ºC. Cerca de la pared exterior, la temperatura oscila entre 0,5 ºC y 0 ºC. (Para hacer visibles estos flujos, basta con añadir al líquido fibras cortas de celulosa, que obtendremos de una servilleta de papel, dispersadas previamente en agua.) El flujo central aporta a la base del hielo flotante agua sobreenfriada a punto de solidificar. Así, tímidamente al principio y rápidamente después, grandes cristales de hielo crecen hacia el fondo.

A medida que el agua se transforma en hielo en la interfase, las impurezas que contiene se hunden a causa de la difusión. Como ésta opera lentamente, la concentración de impurezas presenta un máximo situado un poco por debajo de la interfase. Dado que las impurezas rebajan el punto de congelación en una proporción que depende de la concentración de las mismas, se produce un “sobreenfriamiento estructural” lo bastante inestable para que la interfase avance hacia abajo en ramales saledizos y no por planos sucesivos. Cuando el sobreenfriamiento estructural progresa a un ritmo lento, los saledizos forman cristales hexagonales de hielo separados por agua. Para ritmos de avance más rápidos, esos ramales forman plumas u hojas de helecho.

Estas estructuras dendríticas aumentan en espesor y tienden ángulos característicos. Deben observarse bajo luz polarizada. Sólo así aparecen ante nuestros ojos todos los colores del espectro. Se produce un fenómeno de gran belleza. La lenta cristalización del agua en la zona central libera calor, que contribuye al flujo descendente paralelo a las paredes del recipiente. Si se incrementa lentamente la potencia de refrigeración de la célula, se observa la rápida formación de enormes cristales centimétricos.

Juan M.R. Parrondo

Quien ríe el último...

En el último libro del matemático John Haigh, *Matemáticas y Juegos de Azar*, hay una buena colección de paradojas y curiosidades sobre probabilidad y de análisis interesantes de conocidos concursos de televisión, loterías y quinielas.

Uno de los ejemplos más sorprendentes es el llamado *Penney-ante*, un juego propuesto por Walter Penney en 1974. Se juega con una moneda completamente equitativa, es decir, una moneda en la que los dos resultados al lanzarla, cara o cruz, tienen la misma probabilidad, 1/2. El juego es muy simple: cada jugador escoge una secuencia de tres tiradas, por ejemplo CARA-CRUZ-CARA; se lanza la moneda repetidas veces y gana el jugador cuya secuencia aparece en primer lugar.

Supongamos que jugamos usted y yo al Penney-ante. En un alarde de generosidad, yo le ofrezco elegir en primer lugar su secuencia. Puede escoger cualquiera de las ocho secuencias:

CCC CCE CEC CEE
ECC ECE EEC EEE

Utilizo C para Cara y E para Cruz o Escudo. Una vez que usted haya hecho su elección, yo elijo mi secuencia y comenzamos a lanzar la moneda. A primera vista, elegir en primer lugar sólo puede reportar ventajas: si hubiera alguna secuencia mejor que el resto, puede elegirla y dejarme a mí una menos favorable; si todas las secuencias son igualmente probables, da igual quién elige primero. Sin embargo, en este juego ocurre algo bastante curioso: para cualquier elección suya, yo puedo elegir una secuencia mejor, es decir, una secuencia que aparezca antes que la suya con una probabilidad mayor que 1/2. ¡Elegir primero resulta ser una desventaja! El Penney-ante es parecido al conocido juego de piedra, papel y tijeras, en el que, si un jugador eligiera primero y mostrara la elección al contrincante, perdería con toda seguridad.

En algunos casos la segunda elección es bastante sencilla. Si, por ejemplo, usted elige la secuencia CCC, entonces mi elección debería ser fácil: ECC. La única forma de que salga CCC antes que ECC es que el resultado de los tres primeros lanzamientos sea cara, lo que ocurre sólo con una probabilidad 1/8. Si la secuencia CCC aparece *por primera vez* en algún momento que no sea en las tres primeras tiradas, está claro que la tirada anterior a la primera de las tres caras será necesariamente cruz y, por tanto, ECC habrá aparecido antes.

Supongamos que usted elige ECC. En este caso, puede demostrarse que, si yo elijo EEC, tendré una probabilidad de ganar mayor que la suya. El diagrama de la figura explica el origen de esta ventaja. En cada una de las casillas del diagrama se muestran los resultados de las últimas tiradas y las flechas corresponden a los posibles resultados de la tirada siguiente (cara, flechas azules; cruz, flechas amarillas). Si no ha aparecido ninguna de las secuencias en juego y el último resultado es cara, es como si empezáramos el juego, puesto que ninguna de las secuencias comienza por cara. El resto del diagrama es evidente. Por ejemplo, si estamos en la casilla ...E y el resultado de la tirada es E, saltamos a la casilla ...EE. Si sale de nuevo una E, volvemos a la casilla ...EE. Se han especificado sólo las secuencias relevantes para el juego. Podríamos haber añadido una casilla ...EEE; pero, para los efectos del juego con las secuencias elegidas, si las dos últimas tiradas son cruz, la antepenúltima es irrelevante.

Según los resultados de las tiradas, nos moveremos por las casillas del diagrama hasta alcanzar la verde, en cuyo caso gano yo, o la roja, en cuyo caso gana usted. Pero el diagrama no es simétrico. Una vez que han aparecido dos cruces seguidas (...EE), no hay forma de volver hacia atrás. En otras, palabras, ganaré con toda seguridad la apuesta. Sin embargo, la secuencia ...EC no le asegura a usted la victoria, puesto que una cruz hace que el juego vuelva al estado ...E. Cada vez que nos encontramos en el estado ...E, la secuencia EEC tiene una probabilidad 1/2 de ganar, mientras que la ECC sólo tiene una probabilidad 1/4, puesto que necesita dos caras seguidas. Por lo tanto, la probabilidad de que yo gane es el doble de la suya, es decir, yo gano con una probabilidad 2/3 y usted con una probabilidad 1/3.

Acabamos de ver que EEC es claramente mejor que ECC. Por lo tanto, en el siguiente turno usted podría elegir EEC. Sin embargo, en este caso yo tengo de nuevo una elección ganadora. Si elijo CEE, también

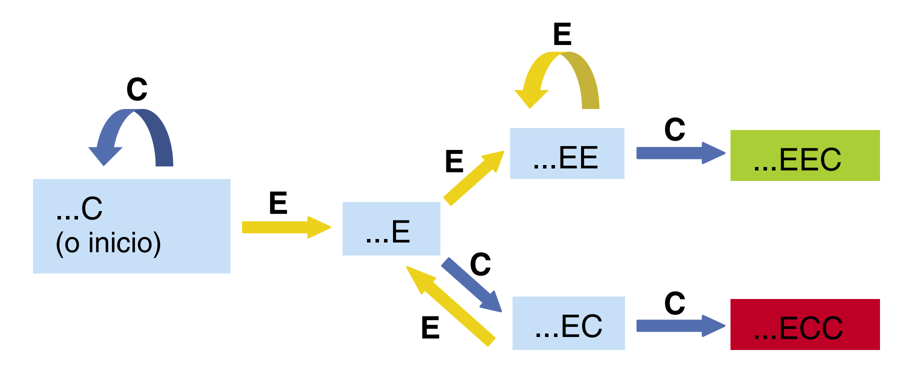


Diagrama del Penney-ante. El juego se mueve por las casillas hasta caer en la roja (usted gana) o en la verde (yo gano).

tendré una probabilidad doble que la suya de ganar. Lo sorprendente es que, ante cualquier elección suya, yo puedo elegir una secuencia que me dé una ventaja de al menos 2/3. En la tabla inferior se muestran todas las posibilidades.

Para calcular la probabilidad de ganar cada uno de los casos, tenemos que dibujar un diagrama ligeramente diferente del de la figura. Habrá que escoger las secuencias relevantes para cada fila y dibujar las flechas correspondientes, algo no excesivamente difícil a la luz del ejemplo ECC-EEC de la figura.

Su elección	Mi elección	Probabilidad de que yo gane
CCC	ECC	7/8
CCE	ECC	3/4
CEC	CCE	2/3
CEE	CCE	2/3
ECC	EEC	2/3
ECE	EEC	2/3
EEC	CEE	3/4
EEE	CEE	7/8

Por otro lado, la tabla obedece a una regla bastante simple que permite obtener una secuencia que venza a cualquier otra: tome los dos primeros elementos de la secuencia elegida en primer lugar, colóquelos al final y elija el primer elemento de la nueva secuencia de modo que el resultado no sea capicúa. Por ejemplo, para averiguar la secuencia que vence a CCE, tomamos CC y elegimos como primer elemento una E para formar ECC. La regla pone en evidencia que la secuencia ganadora se "aprovecha" de parte de la secuencia perdedora.

Es evidente que no hay ninguna secuencia óptima. De hecho, observamos una circularidad similar a la de piedra, papel y tijeras: CCE vence a CEE, que a su vez vence a EEC, que a su vez vence a ECC, que vence a CCE. En esta serie de secuencias, cada una comienza por donde termina la anterior, como impone la regla que hemos discutido antes:

```
C C E
  C E E
    E E C
      E C C
        C C E
```

El juego y la regla para obtener secuencias ganadoras se pueden generalizar a secuencias de más de tres tiradas. Cuando una relación como "vencer a" tiene este tipo de circularidad, se dice que es "no transitiva". Por el contrario, una relación *r* es transitiva cuando, si A*r*B y B*r*C, entonces necesariamente A*r*C. La falta de transitividad en ciertas relaciones se opone muchas veces a la intuición. El propio juego de piedra, papel y tijeras fascina a los niños por su no transitividad. En competiciones deportivas, nos cuesta aceptar que A gane a B, B a C, pero que sea C quien gane a A. Por mucho que veamos este tipo de situaciones, siempre tendemos a pensar que "algo le ha pasado" al equipo que supuestamente debería ganar. En esta sección apareció un ejemplo también sorprendente de no transitividad: la paradoja de Condorcet, en la que las preferencias de un grupo de votantes ante tres candidatos no son transitivas (*Paradojas democráticas*, marzo 2002). Es decir, puede darse el caso de una elección en donde el candidato A gane a B en una votación donde sólo se vote por uno de los dos, B gane a C y C gane a A.

parr@seneca.fis.ucm.es

Mark Fischetti

COCHES HIBRIDOS

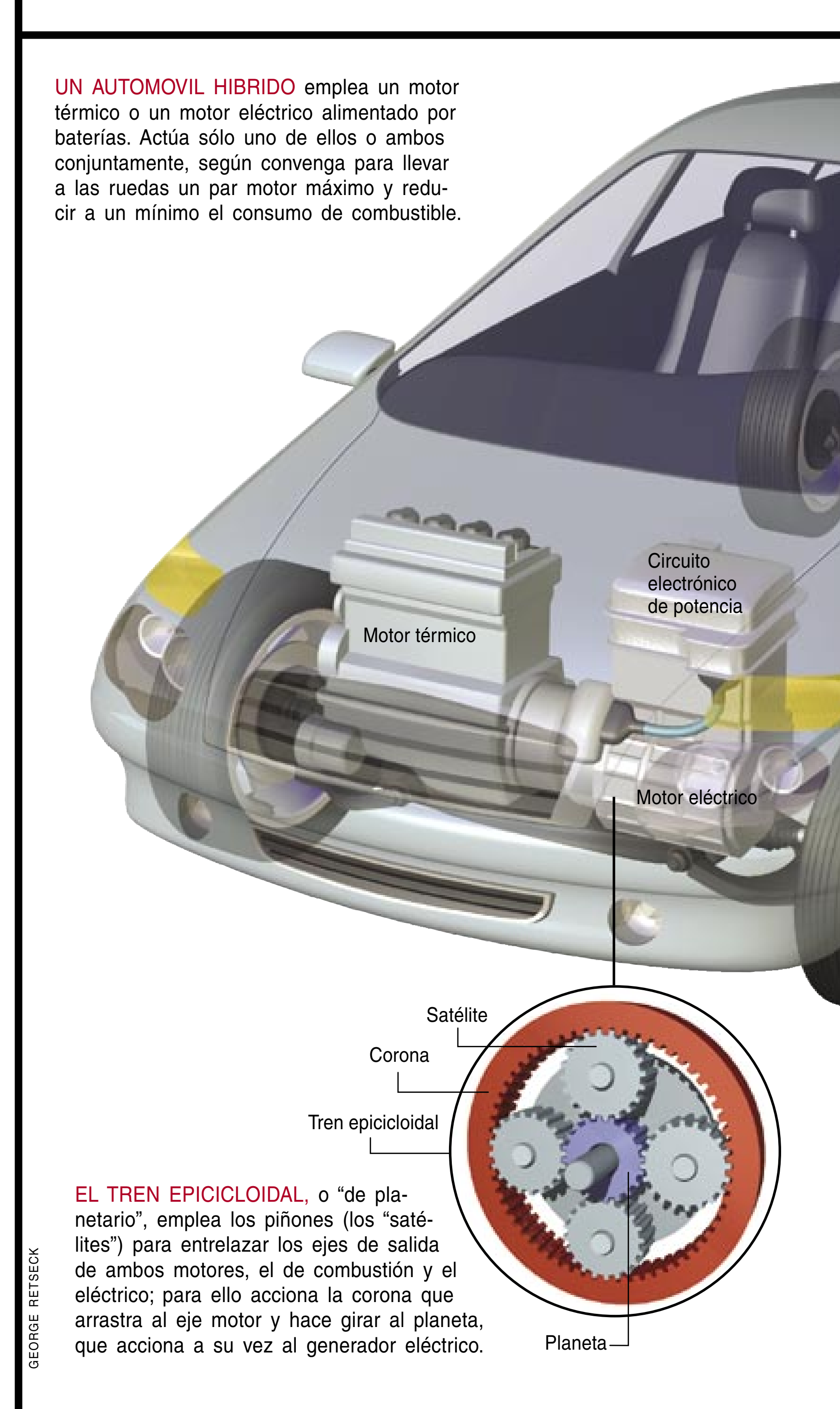
Económicos

Al ofrecer un mayor ahorro de combustible, los automóviles híbridos consiguieron hacerse con su parte del mercado. Ahora, ya están listos para ampliarla gracias a unas mejores prestaciones.

Un "híbrido total", como el Toyota Prius, ahorra gasolina de varios modos. Cuando se detiene —ante un semáforo o en un atasco—, el motor térmico se apaga y los sistemas del vehículo corren a cargo del motor eléctrico y las baterías. Cuando se reanuda la marcha, el motor eléctrico lo propulsa hasta al momento en que el motor térmico puede funcionar con buen rendimiento, de unos 15 hasta unos 65 kilómetros por hora. Durante las aceleraciones fuertes o a velocidades mayores, los dos motores funcionan conjuntamente; un ordenador ajusta las relaciones de engranaje entre ambos, de modo que la transmisión trabaje al máximo rendimiento y así ahorrar combustible. El controlador es la clave. En un "híbrido medio" o "híbrido ayudado", como el Toyota Insight, un pequeño motor eléctrico ayuda al motor térmico, pero no puede propulsar el vehículo por sí mismo. (En la ilustración se representa un híbrido total.)

El inconveniente es el precio. Los Toyota, Honda y Ford cuestan alrededor de 3000 euros más que los modelos no híbridos equiparables. El consumo medio del Prius de 2005 es de 4,3 litros por cada 100 kilómetros. Con el litro de gasolina a un euro, se tarda unos dos o tres años en recuperar el precio extra.

Se están mejorando la electrónica, los motores eléctricos y los mecanismos de engranajes para conseguir más potencia. Los primeros híbridos eran poco briosos, pero el Prius de 2005 acelera con la misma rapidez que sus competidores ordinarios. El híbrido Lexus RX400h de 2006 pasa de cero a 100 km/h en menos de siete segundos, un segundo menos que el no híbrido. El Honda Accord de 2005 alcanza los 100 km/h medio segundo antes y tiene una potencia de 15 caballos más que el modelo normal, incluso con el peso añadido de las baterías y el motor eléctrico.



UN AUTOMOVIL HIBRIDO emplea un motor térmico o un motor eléctrico alimentado por baterías. Actúa sólo uno de ellos o ambos conjuntamente, según convenga para llevar a las ruedas un par motor máximo y reducir a un mínimo el consumo de combustible.

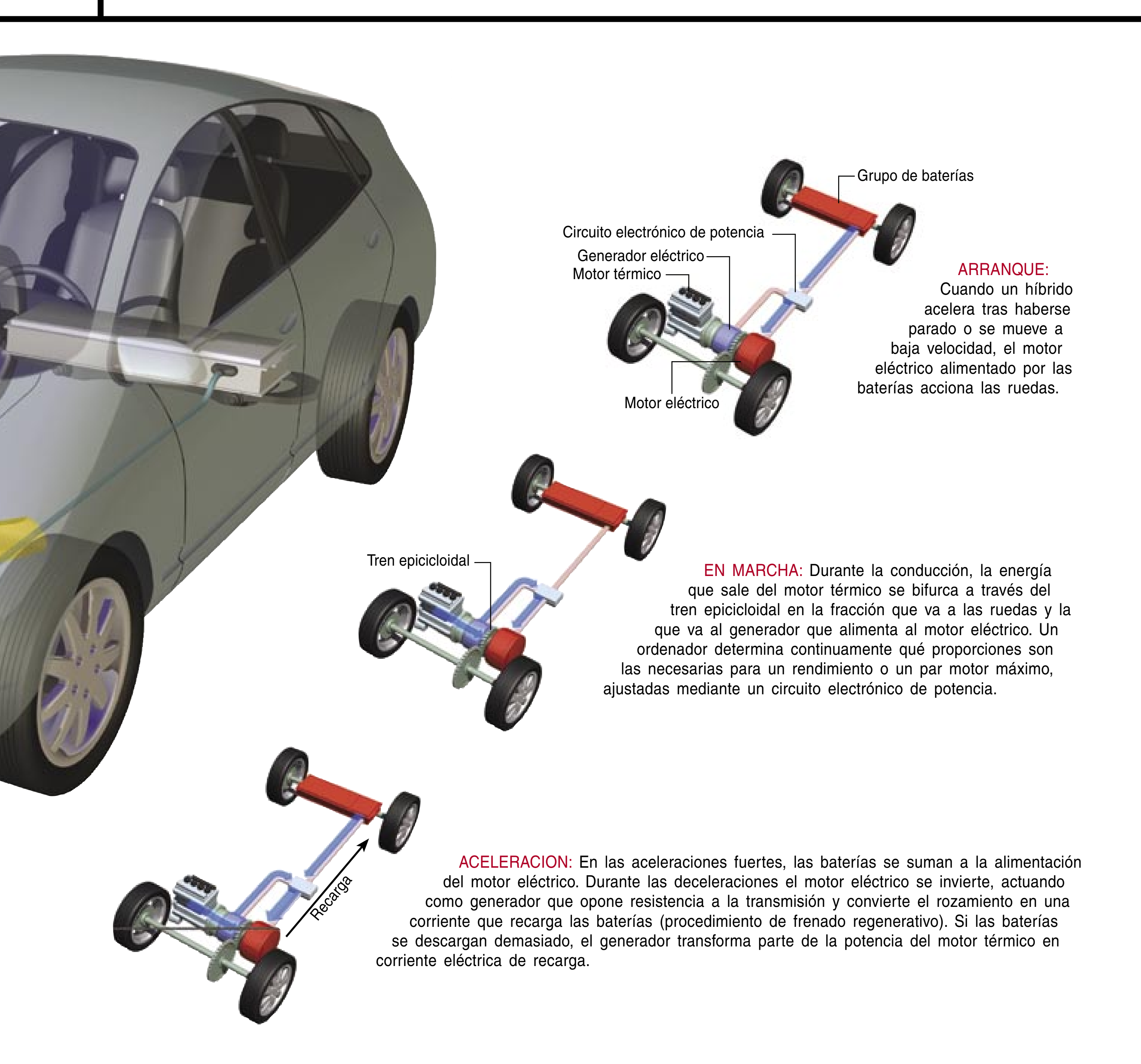
EL TREN EPICICLOIDAL, o "de planetario", emplea los piñones (los "satélites") para entrelazar los ejes de salida de ambos motores, el de combustión y el eléctrico; para ello acciona la corona que arrastra al eje motor y hace girar al planeta, que acciona a su vez al generador eléctrico.

¿SABIA USTED QUE...?

➤ VOLTAJES A ELEGIR: En los híbridos Insight y Civic de Honda, las baterías producen corriente continua a 144 volt; las del Toyota Prius, a 202 volt; las del Lexus RX, a 288 volt, y las del Ford Escape, a 300 volt. Los motores y generadores eléctricos suelen funcionar al voltaje de las baterías, pero en algunos modelos lo hacen a unos 500 volt y hay que aumentar el voltaje de alimentación con circuitos integrados de potencia. Por otra parte, un convertidor rebaja la alimentación que dan las baterías hasta los 12 volt que necesitan la mayoría de las instalaciones interiores.

➤ QUIMICA FRESCA: Las baterías de los automóviles híbridos están compuestas de un gran número de pequeñas células conectadas en serie, formando un bloque compacto del tamaño de una maleta pequeña, encajado detrás del asiento posterior o debajo del mismo. En su mayoría son sistemas de hidruro de níquel y refrigerados por aire extraído del compartimento de los pasajeros con un ventilador. En tiempo frío, se les insufla calor: las baterías funcionan mejor con temperaturas entre 20 y 30 grados.

➤ DEL POZO A LAS RUEDAS: Para calcular bien los efectos que una forma de transporte causa en el ambiente y la eficacia con que usa el combustible, hay que tener en cuenta la extracción y producción del combustible, su transferencia al vehículo y su consumo a bordo de éste. El cálculo del rendimiento "pozo a rueda" sitúa a los híbridos a la cabeza de la clasificación de los automóviles. Según la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, las cifras son: gasolina, 19 por ciento; sólo electricidad, 21 por ciento; células de hidrógeno, 27 por ciento; híbrido gasolina-electricidad, 32 por ciento.



ARRANQUE: Cuando un híbrido acelera tras haberse parado o se mueve a baja velocidad, el motor eléctrico alimentado por las baterías acciona las ruedas.

EN MARCHA: Durante la conducción, la energía que sale del motor térmico se bifurca a través del tren epicicloidal en la fracción que va a las ruedas y la que va al generador que alimenta al motor eléctrico. Un ordenador determina continuamente qué proporciones son las necesarias para un rendimiento o un par motor máximo, ajustadas mediante un circuito electrónico de potencia.

ACELERACION: En las aceleraciones fuertes, las baterías se suman a la alimentación del motor eléctrico. Durante las deceleraciones el motor eléctrico se invierte, actuando como generador que opone resistencia a la transmisión y convierte el rozamiento en una corriente que recarga las baterías (procedimiento de frenado regenerativo). Si las baterías se descargan demasiado, el generador transforma parte de la potencia del motor térmico en corriente eléctrica de recarga.

Etología

Fundación de una disciplina

PATTERNS OF BEHAVIOR. KONRAD LORENZ, NIKO TINBERGEN, AND THE FOUNDING OF ETHOLOGY, por Richard W. Burkhardt, Jr. The University of Chicago Press; Chicago, 2005. NIKO'S NATURE. THE LIFE OF NIKO TINBERGEN AND HIS SCIENCE OF ANIMAL BEHAVIOR, por Hans Kruuk. Oxford University Press; Oxford, 2003.

DER BRIEF ALS WISSENSCHAFTSHISTORISCHE QUELLE. Edición preparada por Erika Krausse. VWB-Verlag für Wissenschaft und Bildung, Berlín, 2005. STÄTTEN BIOLOGISCHER FORSCHUNG/PLACES OF BIOLOGICAL RESEARCH. Edición preparada por Christiane Goeben, Joachim Kaasch y Michael Kaasch. VWB-Verlag für Wissenschaft und Bildung, Berlín, 2005.

HORMONES AND ANIMAL SOCIAL BEHAVIOR, por Elizabeth Adkins-Regan. Princeton University Press; Princeton, 2005.

La sistematización científica del estudio de la biología del comportamiento animal fue sancionada en 1973 por el Instituto Karolinska al conceder el Nobel de medicina a Karl von Frisch (1886-1982), de la Universidad de Múnich, Konrad Lorenz (1903-1989), del Instituto Max Planck de fisiología del comportamiento en Seewiesen, y Nikolaas Tinbergen (1907-1988), de la Universidad de Oxford. No formaban grupo en sentido estricto, sino que trabajaron con métodos, animales y cuestiones a resolver muy dispares (*Patterns of Behavior*).

El más independiente fue von Frisch, cuyas cartas de niñez y juventud, glosadas por Brigitte Steyer (*Der Brief als wissenschaftshistorische Quelle*), nos hablan de una precoz afición naturalista, nota común en los tres progenitores de la etología. Todavía bachiller reúne nueve especies de mamíferos, 16 de aves, 26 de reptiles y anfibios, 27 de peces y 45 de invertebrados. Refleja sus observaciones en una libreta de campo, embrión de lo que habría de ser su primer trabajo universitario sobre las relaciones de los estímulos pigmentarios y las facetas de los ojos de cangrejos e insectos. Había nacido en Viena en el seno de una familia de tradición académica. En su universidad empezó la carrera de medicina en 1905. Tras superar los cuatro semestres básicos, abandonó temporalmente el quinto semestre (de orientación clínica) para estudiar zoología con Richard Hertwig en la Universidad de Múnich. Hertwig había convertido su instituto en un foco internacional.

En 1909 volvió a Viena y preparó la tesina, sobre células pigmentarias de los peces (*Phoxinus laevis*) y su relación con el sistema nervioso. Se caracteriza esta especie por adaptación a la coloración del fondo (obscuro, claro), que Frisch estudia en la Estación Zoológica de Nápoles (*Stätten biologischer Forschung*). El control del color por el sistema nervioso en los peces lo aplicará más tarde a la orientación acústica. La primera guerra mundial interrumpió su trabajo científico. Por su extrema miopía no fue llamado al frente, pero prestó servicios en el hospital Rudolfinerhaus de Viena, donde ayuda a su hermano Otto que está al frente del mismo. Enseña luego en las universidades de Múnich, Rostock y Breslau, para volver en 1925 a la capital bávara, donde ocupará la cátedra de fisiología comparada veinte años ininterrumpidos, hasta 1945. En Rostock investigó la capacidad auditiva y finura discriminante de los tonos en *Amiurus nebulosus*; la habilidad quirúrgica adquirida en la guerra le valió para remover el laberinto de los peces y someter a contrastación su percepción auditiva. En los peces abordó también la teoría de la duplicidad de la visión, de conos y bastoncillos.

Setenta años dedicó a la investigación del comportamiento de las abejas melíferas. Iniciada esa línea de trabajo en 1912, cuando se creía todavía que las abejas eran ciegas al color, Frisch descubrió que, salvo el rojo, veían nuestros mismos colores e incluso captaban la radiación ultravioleta. La obrera exploradora de nuevas fuentes de alimentación se servía de marcas en el suelo, posición del sol, análisis de la luz polarizada y un reloj interno preciso para encontrar el camino de regreso a la colmena e informaba a sus compañeras de la dirección y la distancia del recurso ejecutando una danza cifrada, un movimiento circular o en ocho. Pero la información sobre el alimento podía también comunicarse a través del olfato. Compiló sus trabajos sobre ese lenguaje escénico de las abejas en *Tanzsprache und Orientierung der Bienen* (1965). Sus exquisitas dotes divulgativas facilitaron la enorme difusión de su temprano ensayo sobre la vida de las abejas (*Aus dem Leben der Bienen*), aparecido en su edición original en 1927.

En estricta justicia, la obra de Frisch no emergió de la nada. Charles H. Turner se había adelantado con sus investigaciones experimentales sobre el sentido del color y el sentido de la forma. Más remotamente, los zoólogos del siglo XVIII habían realizado incursiones valiosas. Por citar uno, el trabajo de Lazaro Spallanzani sobre el comportamiento de orientación de los murciélagos. La afición naturalista se institucionaliza, durante el siglo XIX, en los jardines de fieras. I. Geoffroy St Hilaire introduce, mediada esa centuria, el término etología. Además, se va tomando conciencia creciente de que es mejor observar al animal en su medio natural y en su propio grupo (bandada, manada o banco). Darwin comparte ese nuevo enfoque.

El siglo se abría con un primer esbozo sistemático del comportamiento. Lo ofreció William Morton Wheeler, para quien el estudio de instinto y hábitos debería ocupar un lugar central en las ciencias de la vida. Edmund Selous confiaba también en que los hábitos de los animales se abordaran pronto con el mismo rigor que su anatomía. Wheeler era discípulo de Charles Otis Whitman, quien había propuesto que instinto y estructura se consideraran desde una perspectiva filogenética; con ese fin promovió "una granja biológica", una institución que superara las limitaciones del laboratorio y el jardín zoológico y permitiera la investigación continuada de los animales en condiciones conocidas y controladas. La granja de Whitman no se construyó nunca, aunque en los años cincuenta se creó la Estación Madingley Ornitológica de Campo de Cambridge y el Instituto Max Planck de Seewiesen, que guardaban cierto parecido con la idea de Whitman.

Nacido en 1842, Whitman tomó su primer contacto con la zoología a través de Louis Agassiz. Se trasladó a Leipzig para estudiar con Rudolf Leuckart, en cuyo laboratorio aprendió las técnicas del análisis microscópico. Centrado en la biología de las sanguijuelas, se le enseñó a recorrer en profundidad todas sus etapas, desde el desarrollo hasta su sistemática, filogenia, ecología y comportamiento, un método de trabajo que se convirtió en canónico durante decenios.

En su estudio de la salamandra *Necturus*, prestó Whitman atención a la relación entre instinto e inteligencia. Pertenecía al ámbito de lo instintivo el comportamiento no aprendido por experiencia, instrucción o imitación. No debía asociarse inteligencia a la adaptación de la conducta a un fin determinado: *Necturus* serpenteaba siempre sobre su presa, fuera ésta un ser vivo o un trozo de carne. Los animales carecían de conciencia sobre la función biológica de sus acciones. Se percató del fenómeno de la "impronta". Observó, en efecto, que podía cruzar distintas especies de palomas si lograba que el descendiente de una especie fuera incubado y alimentado por adultos de otra.

En 1887 fundó el *Journal of Morphology*. Dirigió el departamento



1. Konrad Lorenz

de zoología de la Universidad de Chicago. Allí tuvo por discípulo a Wallace Craig, quien, a su vez, ejercería, desde mediados los treinta, una influencia determinante en Lorenz. Craig consagró su primer trabajo a los estadios iniciales de desarrollo del sistema urogenital del cerdo, un estudio comparado y evolutivo cuyos resultados avalaban la tesis de la evolución de los vertebrados a partir de un antepasado anélido. Dicha conclusión se basaba en que los túbulos nefríticos de los primeros estadios del desarrollo de los mamíferos eran comparables con los túbulos nefríticos del anfioxo y los anélidos.

Bajo la dirección de Whitman estudió los cantos de las aves. Buscaba en los cantos de reclamo y movimientos asociados apoyatura para reconstruir la historia evolutiva de la familia de las palomas. Existen unas 500 especies de palomas salvajes y cada especie presenta un repertorio de notas distinto y constante. Si descubriéramos su origen común, podríamos trazar la derivación de los elementos homólogos. En 1908 defendió su tesis doctoral: "La expresión de las emociones en las palomas". Se percató también del fenómeno de la impronta y puso de manifiesto la dependencia mutua de hábitos sociales de las palomas: su voz, batido de las alas, agresividad, lucha o cortejo.

A Craig le interesa, por encima de todo, la psicología animal. Un apetito corresponde a un estado de agitación que persiste mientras el estímulo apetecido se halla ausente; cuando se recibe el estímulo se desencadenan reacciones de consumación y se llega a un estado de relativo reposo. Una aversión, por el contrario, es un estado de agitación que persiste mientras el estímulo perturbador se encuentra presente; cesa, sustituida por un estado de relativo reposo, cuando el estímulo ha dejado de actuar sobre los órganos de los sentidos. En otro orden resulta ilustrativa su observación del comportamiento de lucha. Ante el fuerte, el débil puede abandonar, someterse o continuar la pelea. Cuando el vencedor provoca la huida allende los límites del territorio, se da por satisfecho. Son múltiples las expresiones de sometimiento: el vencedor salta sobre la espalda del perdedor, le arranca las plumas, el vencido recula y se mantiene inmóvil, retraído, y se le trata como una hembra. Anticipándose a Freud, Craig habló de canalización de la energía a través de apetitos o acciones particulares.

Si la primera revista especializada de esa disciplina en gestación apareció en Estados Unidos en 1911, la primera sociedad para el estudio de la psicología animal se fundó en Alemania en 1912. En el continente sobresalía la figura de Oskar Heinroth, para quien el conocimiento del comportamiento animal arrojaría un día luz sobre las raíces animales del

comportamiento humano. Idea que se propuso llevar a la práctica Lorenz. Este había encontrado también en Craig un hontanar de ideas.

Konrad Lorenz nació en Viena, hijo de un catedrático de cirugía de la universidad. Convertido ya en científico avezado, insistiría en que su actividad no era más que la continuidad de sus juegos de infancia. Amar a los animales constituía, en su opinión, un requisito previo para ser un buen observador de su comportamiento. Todavía en el instituto, su compañero Bernhard Hellmann le enseñó la forma ingeniosa de manipular el comportamiento de reproducción de un pez cíclido mediante la colocación de un espejo en el acuario. En la teoría darwinista de la evolución le introdujo Philip Heberdey, profesor y monje benedictino.

Terminada la enseñanza media y tras una breve estancia en la Universidad de Columbia, se matricula en la facultad de medicina de Viena en 1923. Allí encontró al profesor de anatomía comparada Ferdinand Hochstetter, eminencia en el campo de la embriología comparada. Lorenz entró de ayudante en el instituto de Hochstetter, con cuyo respaldo se aprestó a demostrar que el método de la anatomía comparada podía aplicarse a los patrones de comportamiento animal, para así determinar antepasados comunes y establecer árboles filogenéticos. La idea no era del todo genuinamente suya. Whitman en Estados Unidos y Heinroth en Alemania la habían ya difundido. Mientras cursaba medicina aumentó su aviario con la adquisición de una hembra de *Coleus monedula spermologus*, que se exhibía en su presencia, le acompañaba en sus paseos y le ofreció la oportunidad de conocer sus maniobras de vuelo y aterrizaje, el dominio gradual de los movimientos de planeo, la relación del pájaro con sus congéneres y, en un caso muy instructivo, el comportamiento de cortejo con la criada doméstica. Tschok, así la llamó, fue objeto de su primer trabajo científico publicado (en el número de octubre de 1927 de la revista *Journal für Ornithologie*).

Ese mismo año de 1927 se casó y en 1928 se doctoró en medicina. Pero no le interesaba su ejercicio, sino la zoología. Se matriculó en los cursos de doctorado en el Instituto Zoológico de la Universidad de Viena, dirigido entonces por Jan Vesluys, que seguía una rigurosa orientación comparatista. En otoño de 1930, luego de tres años y medio de observaciones sistemáticas con sus colonias de aves, terminó un manuscrito donde articulaba las notas recogidas. Le envió el borrador a Heinroth, quien lo remitió directamente al editor de la revista *Journal für Ornithologie*, que lo publicó en 1931. Se abordaban, entre otros puntos, el orden de jerarquía de una colonia de grajos, la oposición a la disgregación en bandas independientes, los comportamientos de lucha, cortejo y apareamiento, y la cría de los polluelos. Subrayó que los patrones de comportamiento instintivo de los individuos sanos de una especie en libertad eran esencialmente idénticos: no diferían en sus respuestas innatas ante estímulos específicos.

El éxito obtenido con los grajos le movió a pensar en la generalización de las observaciones. Le atrajo en particular la especie *Nycticorax nycticorax*. Se la suministró el zoo de Berlín. Del zoológico de Schönbrunn recibió gansos. (El huevo de lo que sería la famosa Martina, la oca con la que realizaría notables ensayos, no lo recibió hasta 1935.) Heinroth no sólo le estimulaba en sus trabajos, sino que le hacía reparar en estudios recientes o le remitía sus propios trabajos sobre etología y psicología de los anátidas. En 1932 publicó en el *Journal für Ornithologie* bajo el título “Métodos de identificación de la acción de impulso específica de especie en las aves”. La expresión “actividades de impulso específicas de especie” (*arteigene Triebhandlugen*) había sido acuñada por Heinroth. Lorenz la empleó con preferencia a instinto, por una razón práctica: el término “instinto” había sido empleado de maneras diferentes y contradictorias. Le parecía mejor la expresión de Heinroth. Pero Lorenz evocaba también la autoridad del zoólogo alemán Heinrich Ziegler, quien había distinguido entre comportamiento inteligente y comportamiento instintivo; en su opinión, las actividades instintivas dependían de las vías nerviosas heredadas, mientras que las actividades intelectuales dependían de las vías individualmente adquiridas. A Lorenz le agradaba la forma en que Ziegler había sustituido una definición psicológica de instinto por una definición histológica.

En 1933 Hochstetter se retiraba como profesor y director del instituto y fue sustituido por Eduard Pernkopf. A diferencia de Hochstetter, Pernkopf no quería que Lorenz dedicara su tiempo de universidad a los estudios del comportamiento, ni tampoco le gustaba la idea de que escribiera su tesis de habilitación en psicología animal. La relación entre ambos se fue haciendo cada vez más tensa. Pero en ese verano de 1933 había Lorenz conocido al barón Jakob von Uexküll, eminente biólogo teórico cuyas ideas ayudaron a Lorenz a poner sus abundantes conocimientos sobre el comportamiento de las aves en el marco conceptual que habrían de hacerle famoso.

Se doctoró en filosofía en 1933. Otros hitos importantes de su vida académica fueron el nombramiento de profesor de la Universidad de Viena en 1937, de catedrático de psicología de la Universidad de Königsberg en 1940, la fundación en 1949 del instituto de fisiología comparada del comportamiento en la Academia Austriaca de las Ciencias, la dirección interina, en 1954, del Instituto Max Planck de Fisiología del Comportamiento de Wilhelmshaven, Buldern y Seewiesen y, sobre todo, desde 1961, la dirección del Instituto Max Planck de Fisiología del Comportamiento de Seewiesen. A esta última etapa pertenecen *Das sogenannte Böse* (1963), *Über tierisches und menschliches Verhalten* (1966) y *Vergleichende Verhaltensforschung* (1978).

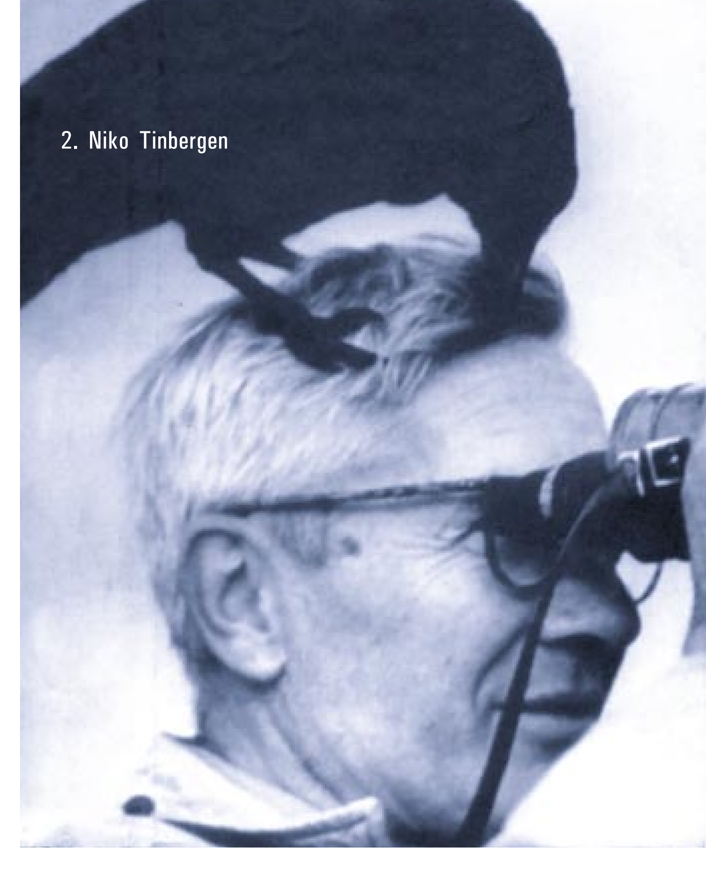
Lorenz introdujo en los años treinta los conceptos básicos de la etología, apoyado sobre todo en la observación del comportamiento de las aves. Demostró que los patrones instintivos de comportamiento constituían estructuras genuinas para la reconstrucción de la filogenia. Entre tales nociones fundamentales, suelen mencionarse los desencadenantes, la energía específica de acción y el rebajamiento del umbral. Aunque no fue el primero en observar el fenómeno de la impronta, sí fue el primero en poner de manifiesto su significado científico. Identificó hasta cinco criterios para juzgar si un patrón de comportamiento era instintivo: si una

cría ha crecido aislada del resto de los miembros de su propia especie y despliega el patrón de comportamiento específico de la especie, que no ha podido aprender de modelo alguno; si todos los miembros de la especie desarrollan el mismo comportamiento de la misma forma estereotipada; si hay una incongruencia clamorosa entre la habilidad normal de un animal (evidenciada en otras situaciones) y la habilidad que se requiere para desarrollar determinado comportamiento; si el patrón de comportamiento se ejerce incompletamente en una situación en que el objetivo biológico apropiado no se halle presente, dejando claro por ende que el animal no es consciente del objetivo biológico de la acción; si la rigidez del patrón de comportamiento y su resistencia a las influencias del entorno persisten bajo condiciones muy diferentes de las condiciones en que evolucionó en su origen el patrón.

Cuando Uexküll, que acababa de conocer a Lorenz, publicó en 1934 sus *Viajes a través del mundo de los animales y los hombres*, incluyó una sección ("Der Kumpan") sobre las experiencias de éste con los grajos. Al "compañero" dedicó Lorenz uno de sus mejores libros. Uexküll se había rebelado contra la explicación mecanicista del comportamiento liderada por Loeb. Y contrapuso su tesis biológica. En su teoría del *Umwelt*, la contribución intelectual por la que mejor se le conoce y que gozó de amplia difusión en determinados círculos filosóficos españoles, imaginaba cada organismo no como un objeto, sino como un sujeto instalado en el centro de su propio mundo, un mundo que el animal se construía a través de sus propias capacidades sensoriales y motoras. En el marco de esa tesis, los animales reaccionaban sólo ante rasgos seleccionados de su entorno. Uexküll introdujo el término "compañero" para designar el individuo o individuos con los que Tschock desarrollaba un conjunto de actividades determinado. Tschock trataba a Lorenz como su "compañero materno" (Mutterkumpan), a la criada de Lorenz como su "compañero amado" (Liebeskumpan), un joven grajo como su compañero adoptivo (Adoptivkumpan) y a su banda de vuelo, compañeros de vuelo (Flugkumpane).

Sobre el compañero versaba el escrito de Lorenz que le habría de servir para su habilitación. Constaba de 202 páginas y llevaba por título *Der Kumpan in der Umwelt des Vogels: Der Artegenosse als auslösendes Moment sozialer Verhaltungsweisen* ("El compañero en el mundo de las aves: miembros amigos de la especie como desencadenantes del comportamiento social"). En esa monografía se proponía organizar la avalancha de observaciones sobre el comportamiento de las aves en un marco teórico coherente. El concepto clave era el de desencadenante. Siguiendo a Uexküll, Lorenz explicaba que los humanos tendemos a reconocer objetos en nuestro entorno merced a una compilación de estímulos múltiples que emanan de tales objetos y operan sobre los órganos de los sentidos. La integración eficaz de tales estímulos nos permite comprender las relaciones causales entre las cosas, lo que nos facilita la supervivencia. Las aves, sin embargo, se encuentran adaptadas a su entorno no a través de un conocimiento adquirido, sino a través de patrones de comportamiento instintivos; las aves operan de acuerdo con respuestas instintivamente determinadas. Estas se han ido construyendo en el curso de la evolución como resultado de su valor para la supervivencia. Para ser eficaces necesitan sólo ser elicitadas, desencadenadas, por uno o como mucho por unos pocos estímulos que emanan de los objetos del entorno.

Entre los hallazgos que nos ofrece el *Kumpan* no podemos pasar por alto un fenómeno que no podía clasificarse ni como instinto ni como aprendizaje. Siguiendo a Heinroth, lo denominó impronta (*Prägung*) y lo observó en sus grajos, gansos y otras aves. De acuerdo con su presentación del proceso, el polluelo recibía ese sello irreversible del objeto que le serviría para desencadenar algunos de sus comportamientos instintivos. En el sistema de Lorenz, los conceptos de impronta desencadenantes y compañeros guardaban una relación



2. Niko Tinbergen

estrecha. A través de la impronta, el polluelo que no reconoce instintivamente los miembros de su propia especie adquiere la información que necesita. Aunque el juvenil reconoce a los miembros de su propia especie, podría sentirse ligado a cualquier individuo al que quedara expuesto en una etapa decisiva de su desarrollo. Recibe la impronta del esquema del miembro de la especie amiga. Según es sabido, Lorenz forjó la impronta de sí mismo en un grupo de gansos: le seguían a todas partes como si fuera su padre. Lorenz fue mostrando que el comportamiento animal puede clasificarse en unidades separadas, en patrones de comportamiento, lo mismo que acontece con los órganos en anatomía.

De Lorenz aprendió Nikolaas Tinbergen. Entraron en contacto en 1936. Comenzaron una labor investigadora conjunta sobre el comportamiento de las aves en 1937 y volvieron a reentablar su relación cuando el austriaco volvió de su encarcelamiento soviético al final de la guerra (*Niko's Nature*). Tinbergen se apoyó en Lorenz mientras colonizó la etología inglesa.

Tinbergen nació en La Haya, en el seno de una familia intelectual; su hermano mayor ganaría otro Nobel, el de economía. Pasó un año sumamente productivo en Groenlandia, se



3. Apareamiento del lagarto de piel rugosa *Taricha granulosa*. La investigación sobre este lacértido ha reportado numerosos descubrimientos sobre la regulación del comportamiento social adaptativo, mediante hormonas esteroides y peptídicas. El apareamiento conlleva un alto riesgo de depredación y de contagio de enfermedades. Debe conjugarse con el beneficio del éxito reproductor. Ahora bien, este beneficio sólo se garantiza si existen gametos maduros, listos para la fecundación. Ahí intervienen las hormonas, que son las moléculas que regulan la maduración de los gametos.

trasladó a Inglaterra. En su adolescencia se inscribió en grupos naturalistas y participó en la confección de listados de aves. En la Universidad de Leiden estudió ciencias biológicas. Y allí acometió, en 1930, otros tres proyectos de investigación con miras a su graduación: sobre filogenia de los equinodermos, las agallas y las avispas. Dedicó la tesis de doctorado, defendida en 1932, a las avispas de las dunas holandesas. Publicada ese mismo año en el *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, constaba de sólo 29 páginas. A Tinbergen le hubiera gustado un trabajo de investigación sobre las aves, la pasión de su vida, pero en ese tiempo no se consideraba un tema respetable en la universidad. En cambio, en Leiden había una larga tradición entomológica. Al ocuparse de la biología de *Philanthus triangulum*, una avispa asesina de abejas, ideó un experimento para esclarecer el comportamiento de caza, y no sólo observarlas en los arenales de Hulshorts.

Se enroló en la expedición del Año Polar de 1932-33. Groenlandia le confirió la madurez científica necesaria, pues las expediciones desde la base se preparaban con minuciosidad. Tinbergen se ocupaba de los ciclos alimentarios de las aves, cambios demográficos y, en particular, de la comparación del comportamiento reproductor entre distintas especies de gaviotas. Catedrático desde 1949 de la Universidad de Oxford, creó allí una auténtica escuela de etología, predominante en buena parte de las tendencias actuales. Sus obras principales fueron *The study of instinct* (1951) y *The animal in its world* (1972-73). La primera se considera el texto fundacional de la disciplina. En la misma aborda la metodología, el comportamiento como salida de tendencias conflictivas, la organización jerárquica del comportamiento y las actividades de desplazamiento (comportamiento que parecía acontecer fuera de contexto).

Si bien se consagró con especial dedicación a las gaviotas y avispas, se ocupó también de la conducta de peces (*Gasterosteus aculeatus*), zorros y halcones peces. Le interesaban los mecanismos fisiológicos subyacentes bajo el comportamiento, sin reducir la etología a la fisiología. Alertaba no caer en el extremo opuesto y confundir la etología con la psicología. No podemos saber qué es lo que un animal siente o qué es lo que se propone, lo que no significa que los animales actúen sin sentimientos ni emociones. Pero esos sentimientos no nos son accesibles, no podemos experimentar con las emociones, ni podemos conocerlas. Lo que sí sabemos es que los animales muestran patrones de comportamiento que tienen una finalidad biológica, que han evolucionado lo mismo que sus extremidades, la pigmentación de su piel o la estructura de sus órganos internos. A menudo se hallan en parte genéticamente determinados o pueden adquirirse a lo largo de su vida. El comportamiento está causado por cambios fisiológicos del interior del animal y por estímulos externos.

La principal aportación de Tinbergen estribó en su sobrio método inquisitivo. Cuando el científico oye cantar el gallo al amanecer no se pregunta si lo hace porque está contento, porque quiere despertar a las gallinas o porque odia a sus vecinos. Cuatro son las cuestiones que deben guiar sus pasos: causalidad, ontogenia, función y evolución. En primer lugar, la *causa*: ¿qué sucede en el interior del gallo (su estado fisiológico) y qué sucede fuera (estímulos externos) que hace que el gallo cante? El estudio de la causa, del mecanismo subyacente bajo el comportamiento animal, constituía el punto de partida en etología. Viene luego la cuestión de la ontogenia del comportamiento: por qué y de qué modo el gallo desarrolló esa conducta, cuáles son los factores genéticos involucrados y de qué modo el canto está condicionado por el aprendizaje y el entorno a lo largo de la vida del gallo. La cuestión de la función o del fin biológico nos llevará a conocer la consecuencia de su canto y de qué modo afecta a la propia supervivencia o adaptación del gallo. Y, finalmente, ¿por qué y cómo ha evolucionado el canto en esta especie?

Según señaló Tinbergen, la comprensión del comportamiento social exige ocuparse de hormonas y de sus acciones (*Hormones and Animal Social Behavior*). En concreto, la investigación de laboratorio ha obtenido importantes descubrimientos sobre los mecanismos en cuya virtud las hormonas esteroides y peptídicas operan sobre el sistema nervioso para conformar el comportamiento. Se ha desarrollado una zona híbrida que progresa con celeridad en la que se integran esos dos campos y, con ello, aportan un conocimiento más pleno del comportamiento social y de las funciones adaptativas de las hormonas.

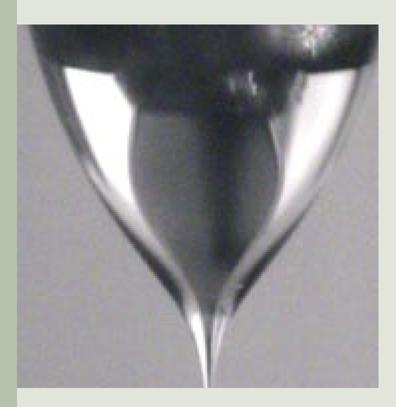
—Luis Alonso





MUTACIONES PIONERAS, por Dennis Drayna

Un tipo de mutaciones génicas que a menudo causan enfermedades en el hombre se utilizan para seguir la pista de las migraciones y el crecimiento de las poblaciones humanas en el transcurso de miles de años.



MICROCHORROS Y NANOCHORROS, por A. Barrero, I. G. Loscertales y M. Márquez

Chorros de diámetro micro y nanométrico ofrecen nuevos métodos para la obtención de micro y nanocápsulas, nanofibras, nanotubos, nanoemulsiones y otras estructuras de interés técnico.



ONDAS EN UN ESTANQUE GALACTICO, por Françoise Combes

El crecimiento y desarrollo de las galaxias determinan la belleza de sus formas.

LOS QUIPOS INCAS, por Loïc Mangin

Los libros de contabilidad incas constaban de ristras de cordeles anudados. Su sistema de codificación numérica ya no tiene secreto, pero el contenido literario sigue siendo un enigma.

¿ERA FRIA LA TIERRA PRIMIGENIA?, por John W. Valley

Cristales de zirconio revelan que la superficie terrestre podría haberse enfriado, formándose los océanos, los primeros continentes y las condiciones para la aparición de la vida, mucho antes de lo que se creía hasta ahora.

